



UFSM

Dissertação de Mestrado

**APLICAÇÃO DE FMEA NA OTIMIZAÇÃO DOS
FATORES DE PRODUÇÃO DA CULTURA DA
CANOLA**

Marcos Garrafa

PPGEP

Santa Maria, RS, Brasil

2005

MARCOS GARRAFA

**APLICAÇÃO DE FMEA NA OTIMIZAÇÃO DOS FATORES DE PRODUÇÃO DA
CULTURA DA CANOLA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**UFSM
SANTA MARIA, RS, BRASIL
2005**

APLICAÇÃO DE FMEA NA OTIMIZAÇÃO DOS FATORES DE PRODUÇÃO DA
CULTURA DA CANOLA

Por
Marcos Garrafa

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção –
PPGEP - da Universidade Federal de Santa Maria (RS), área de concentração: Qualidade e
Produtividade, como requisito para a obtenção do grau de
Mestre em Engenharia da Produção.

PPGEP

Santa Maria, RS, Brasil

2005

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

A COMISSÃO EXAMINADORA ABAIXO ASSINADA, APROVA A
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

APLICAÇÃO DE FMEA NA OTIMIZAÇÃO DOS FATORES DE PRODUÇÃO DA
CULTURA DA CANOLA

Elaborado por
Marcos Garrafa

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE
MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Leandro Cantorski da Rosa

Prof. Dr. Arno Udo Dallmeyer

Prof^a. Dr^a. Janis Elisa Ruppenthal

Santa Maria, 21 de janeiro de 2005.

© 1991

Todos os direitos autorais reservados a Marcos Garrafa. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.

Endereço. Travessa Pedro Garrafa, n. 84, Centro, Três de Maio, RS, 98910-000

Fone (0xx) 55 35351098; Fax (0xx) 55 35351480; End. Eletr: garrafa@setrem.com.br

AGRADECIMENTOS

Quem pensa que pode construir sozinho, semeia na aridez. Tão importante como receber apoios é o ato de agradecê-los. Desta forma, por questão de princípios, há muitos a quem agradecer.

Ao Prof. Dr. Leandro Cantorski da Rosa pela paciência, desprendimento e atenção na orientação do presente trabalho.

Ao Prof. Dr. Luis Felipe Lopes pelo apoio e exemplo profissional e pessoal.

Ao colega Prof. M. Sc. Adalberto Lovatto pela interlocução, paciência, exemplo, amizade, compartilhamento de conhecimentos e consciência crítica a este estudo.

A colega Liliana Ferreira pelo auxílio e empréstimo do saber.

Aos colegas de curso pelo companheirismo e amizade, em especial a Márcia Stein e a Lílian Stoll pelo apoio prestado frente às dificuldades encontradas no período de aulas, ao colega Seno Leonhardt pela solidariedade, incentivo e interlocução nas questões metodológicas e da qualidade, desde a elaboração do pré-projeto.

Aos colegas de trabalho Valdir Antônio Benedetti, Jair Sancandi e Osmar Ferrazza pela disposição em compor a Equipe FMEA, juntamente com o ex-aluno Ricardo Link e o amigo Nereu Reidel. Ainda ao Valdir pela interlocução propiciada a respeito de canola.

A Sociedade Educacional Três de Maio, SETREM, pelo respaldo financeiro e, sobretudo, por acreditar no potencial de seus colaboradores.

Destacadamente à família, companheira Cláucia e filhos Pedro Henrique e Valentina, merecedores de um capítulo inteiro de agradecimentos, pela compreensão à ausência e, principalmente, pelo sentido que dão à vida.

A Deus, por me permitir continuar sendo um aprendiz.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABELAS	IX
LISTA DE QUADROS	X
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	XI
RESUMO	XIII
ABSTRACT	XIV
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivos.....	5
1.1.1 Objetivo Geral	5
1.1.2 Objetivos Específicos:	6
1.2 Problema.....	6
1.3 Limites do trabalho.....	6
1.4 Fluxograma das atividades realizadas	7
CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA.....	9
2.1 A análise de modos e efeitos de falha potencial.....	9
2.1.1 Origem da FMEA	10
2.1.2 Componentes básicos da FMEA e sistemática de uso.....	11
2.1.2.1 Planejamento da FMEA	12
2.1.2.2 Cabeçalho da FMEA	14
2.1.2.3 Funções do processo.....	15
2.1.2.4 Modos de falha potencial.....	15
2.1.2.5 Efeitos potenciais de falha.....	16
2.1.2.6 Severidade dos efeitos de falha	16
2.1.2.7 Causas geradoras de falhas	17
2.1.2.8 Ocorrência das causas geradoras de falha	17
2.1.2.9 Controles atuais do processo	18
2.1.2.10 Detecção das falhas	18
2.1.2.11 Priorização de causas potenciais de falhas	18

2.1.3 FMEA aplicada a processo de cultivo agrícola	21
2.2 A canola.....	24
2.2.1 A origem da canola.....	25
2.2.2 A canola no Brasil	26
2.2.3 Caracterização botânica.....	27
2.2.4 Os usos da canola	29
2.2.5 Os subprocessos de cultivo da canola.....	32
2.2.6 As perspectivas da cultura no sul do Brasil.....	34
2.2.6.1 Aspectos econômicos e sociais.....	34
2.2.6.2 Aspectos técnicos	36
2.2.6.3 Aspectos ambientais	37
CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA	39
3.1 Métodos de abordagem.....	39
3.2 Métodos de procedimento e técnicas.....	41
3.2.1 O estudo descritivo	42
3.2.2 O método estatístico	43
CAPÍTULO 4 - APLICAÇÃO DA FMEA NO CULTIVO DA CANOLA	46
4.1 Planejamento da FMEA	46
4.2 Cabeçalho da FMEA	47
4.3 Funções do processo.....	48
4.4 Modos de falha potencial.....	48
4.5 Efeitos potenciais de falha.....	48
4.6 Severidade dos efeitos de falha	48
4.7 Causas geradoras de falhas	49
4.8 Ocorrência das causas geradoras de falha	49
4.9 Controles atuais do processo	50
4.10 Detecção das falhas	50
4.11 Construção da FMEA para cultivo de canola.....	50
4.11.1 Subprocesso escolha de área e de insumos para a semeadura.....	52
4.11.2 Subprocesso sistematização da área de cultivo	64
4.11.3 Subprocesso semeadura.....	79
4.11.4 Subprocesso tratos culturais	90
4.11.5 Subprocesso colheita	107
4.12 Priorização de causas potenciais de falhas	119

4.13 Matriz de investigação das causas prioritárias	122
4.14 Plano de ações preventivas para controle de prioridades de risco.....	126
4.15 A pesquisa de laboratório	128
CAPÍTULO 5 - ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	130
5.1 População de plantas estabelecidas a campo.....	131
5.1.1 Análise estatística da população de plantas.....	132
5.2 Espaçamento entre plantas	135
5.2.1 Análise estatística da distribuição de plantas	136
5.3 Número de síliquas por planta.....	138
5.3.1 Análise estatística do número de síliquas por planta.....	139
5.4 Rendimento da canola	141
5.3.1 Análise estatística dos rendimentos da canola.....	144
CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES	147
6.1 Conclusões.....	147
6.2 Sugestões para trabalhos futuros	149
REFERÊNCIAS	151
ANEXOS	157

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Fluxograma da FMEA de canola na escola-fazenda da SETREM	8
FIGURA 2 - Gráfico de áreas para interpretação da FMEA	20
FIGURA 3 - Estádios vegetativos e reprodutivos da colza	30
FIGURA 4 - Subprocessos do cultivo da canola.....	34
FIGURA 5 - Diagrama de causa e efeito de diminuição de rendimento de canola no subpro- cesso escolha de área e de insumos para a semeadura	52
FIGURA 6 - Diagrama de causa e efeito de diminuição de rendimento de canola no subpro- cesso sistematização de área de cultivo.....	65
FIGURA 7 - Diagrama de causa e efeito de diminuição de rendimento de canola no subpro- cesso de semeadura.....	79
FIGURA 8 - Diagrama de causa e efeito de diminuição de rendimento de canola no subpro- cesso tratos culturais.....	90
FIGURA 9 - Diagrama de causa e efeito de diminuição de rendimento de canola no subpro- cesso colheita.....	108
FIGURA 10 - Gráfico de área dos modos e efeitos potenciais de falha com alta prioridade de risco em processo de cultivo de canola	120
FIGURA 11 – Histograma da população de plantas em cultivo com FMEA	133
FIGURA 12 - Histograma da população de plantas em cultivo sem FMEA	134
FIGURA 13 - Comparação da distribuição de plantas em cultivos com e sem FMEA	134
FIGURA 14 - Comparação da uniformidade de distribuição de plantas em cultivos com e sem FMEA.....	137
FIGURA 15 - Distribuição de plantas em cultivo sem FMEA.....	137
FIGURA 16 - Distribuição de plantas em cultivo com FMEA	138
FIGURA 17 - Histograma do número de siliquis por planta em cultivo sem FMEA	140
FIGURA 18 - Histograma do número de siliquis por planta em cultivo com FMEA	141
FIGURA 19 - Histograma do rendimento do cultivo de canola sem FMEA	146
FIGURA 20 - Histograma do rendimento do cultivo de canola com FMEA.....	146

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ANOVA da população de plantas	132
TABELA 2 - Resultados estatísticos da distribuição de plantas	136
TABELA 3 - Número de síliquas por planta em cultivos com e sem FMEA	138
TABELA 4 - ANOVA do número de síliquas por planta	139
TABELA 5 - Rendimento da canola no cultivo sem FMEA.....	142
TABELA 6 - Rendimento da canola no cultivo com FMEA	143
TABELA 7 - ANOVA dos rendimentos da canola	144
TABELA 8 - Diferenças estatísticas de rendimentos dos cultivos com e sem FMEA	145

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Estrutura de abordagem da nota média como estratégia de contingência para extremos e cisões.....	13
QUADRO 2 - Matriz de investigação das causas geradoras de falhas com alta prioridade de controle preventivo.....	21
QUADRO 3 - Estádios vegetativos e reprodutivos da colza.....	29
QUADRO 4 - Parâmetros de avaliação do critério severidade (S) em FMEA para cultivo de canola.....	49
QUADRO 5 - Parâmetros de avaliação do critério ocorrência (O) em FMEA para cultivo de canola.....	50
QUADRO 6 - Parâmetros de avaliação do critério detecção (D) em FMEA para cultivo de canola.....	51
QUADRO 7 - Aplicação da FMEA no subprocesso escolha de área e de insumos para a semeadura de canola.....	57
QUADRO 8 - Aplicação da FMEA no subprocesso sistematização de área de cultivo de canola.....	72
QUADRO 9 - Aplicação da FMEA no subprocesso semeadura de canola.....	84
QUADRO 10 - Aplicação da FMEA no subprocesso tratos culturais de canola.....	99
QUADRO 11 - Formulário de entrada da FMEA do subprocesso colheita de canola.....	113
QUADRO 12 - Modos potenciais de falha e respectivos efeitos, com alta prioridade de risco em cultivo de canola, na escola-fazenda da SETREM.....	121
QUADRO 13 - Matriz de investigação de causas com alta influência no rendimento da canola.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
QUADRO 14 - Plano de ações preventivas para controle das principais falhas potenciais no cultivo de canola na escola-fazenda da SETREM... ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.	
QUADRO 15 - População de plantas em cultivos de canola com e sem aplicação da FMEA.....	131

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANOVA – Análise de Variância.

CEV - Consultores em Engenharia de Valor.

CNPISA - Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

EUA – Estados Unidos da América.

FENASOJA – Feira Nacional da Soja.

FMEA - Failure Mode and Effects Analysis, (Análise de Modo e Efeito de Falha Potencial).

HACCP - Hazard Analysis and Critical Control Point.

ISO – International Standardization Organization.

K₂O – Óxido de Potássio.

MIP - Manejo Integrado de Pragas.

N – Nitrogênio.

NPK – Nitrogênio, Fósforo e Potássio.

NPR – Número de Prioridade de Risco.

PM – Pó Molhável.

P₂O₅ – Pentóxido de Difósforo.

S – Enxofre.

SETREM - Sociedade Educacional Três de Maio.

SSD – Sistema de Semeadura Direta.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

APLICAÇÃO DE FMEA NA OTIMIZAÇÃO DOS FATORES DE PRODUÇÃO DA CANOLA

Autor: Marcos Garrafa
Orientador: Leandro Cantorski da Rosa
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 21 de Janeiro de 2005.

Objetivando verificar se o emprego da Análise de Modo e Efeito de Falha Potencial, FMEA, possibilita potencializar processos de cultivos agrícolas, refletindo em maior rendimento às culturas, aplicou-se esta ferramenta em uma lavoura de canola na Escola-Fazenda da Sociedade Educacional Três de Maio, SETREM. O trabalho iniciou com a constituição da Equipe FMEA, a qual arrolou as falhas possíveis de causar diminuição no rendimento da cultura, estruturando os modos e efeitos principais de falha. Através de uma abordagem gráfica, aplicada à severidade e à ocorrência dos modos de falha relacionados, foram definidos àqueles prioritários de atenção, bem como seus possíveis efeitos mais graves. Estes modos foram submetidos a uma matriz de investigação de falhas comuns e, detectadas as causas-chave, estas receberam um plano de ações preventivas. Para determinar a influência das ações previstas no rendimento da cultura, foram instaladas duas áreas de cultivo de canola a campo, uma com aplicação de FMEA e outra, sem. O cultivo submetido à FMEA diferiu-se por receber conferência da regulagem da semeadeira a campo e suplementação de nitrogênio em cobertura conforme interpretação do resultado da análise de solo. Cada um dos cultivos foi amostrado em 32 pontos, com aferição do número de plantas, espaçamento entre elas, número de síliquas e rendimento. Os dados coletados foram tratados estaticamente, explicitando que o cultivo que recebeu a aplicação da FMEA apresentou melhor densidade de plantas, melhor distribuição das plantas na área de cultivo, maturação mais uniforme e rendimento 11,83 % superior.

ABSTRACT

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

IMPLEMENTATION OF FMEA IN THE OPTIMIZATION OF CANOLA PRODUCTION FACTORS

Author: Marcos Garrafa
Advisor: Prof. Dr. Leandro Cantorski da Rosa
Date and Place of the Defense: Santa Maria, January 21, 2005.

Objectifying to verify if the use of Mode Analysis and Potencial Fail Effect, FMEA, makes possible to potentialize agricultures cultivation processes, reflecting in a higher profit to the cultures, it was applied this tool in a Canola farming in the Escola-Fazenda da Sociedade Educacional Três de Maio, SETREM. The project started with the FMEA Team composition, which analyzed the possible fails to cause culture profit reduction, organizing the main modes and effects of fail. Through of a graphical approach, applied to the severity and occurrence of related fail modes, it was determined those with priority of attention, as well as its possible seriously effects. These modes were submitted to an investigation matrix of common fails and detected the key causes, which received a preventive actions plan. To determine the influence of the foreseen actions in the culture profit, two areas of Canola cultivation were seeded in a field, once that just one of them was used FMEA. The culture submitted to the FMEA was differed for receiving conference from the regulation from the machine for plant the field and supplement from nitrogen in in agreement covering interpretation from the result from the analysis of soil. Each one of the cultures was sampled in 32 items, with gauging of the number of plants, spacing among them, number of pod and profit. The collected data were treated statically, informing that the culture which received the FMEA implementation presented better plants density, better plants distribution in the seeded area, maturation more uniform and profit 11,83% superior.

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Ao ultrapassar a barreira dos 100 milhões de toneladas de grãos, conforme amplamente noticiado pelos meios de comunicação, o setor agrícola brasileiro demonstrou ter efetuado um salto qualitativo muito grande, pois, mesmo com o incremento gerado por áreas de cultivo incorporadas a partir das novas fronteiras agrícolas, a produtividade das principais culturas praticadas no país teve aumento significativo. Este aumento tem sido possível graças à adoção de novas tecnologias, sejam de produto, como o desenvolvimento de cultivares de maior potencial produtivo proporcionado pela pesquisa genética, sejam de processo, como a adoção do sistema de semeadura direta em inúmeras propriedades rurais.

Em que pesem as boas colheitas, muito ainda se pode crescer em produtividade, principalmente através do desenvolvimento e aplicação de tecnologia de processos, as quais podem, com o auxílio de ferramentas administrativas adequadas, potencializar os fatores de produção utilizados.

O Estado do Rio Grande do Sul, tradicional produtor brasileiro de grãos, apresenta uma situação que explicita bem esta possibilidade de crescimento quando submetido à análise dos rendimentos atingidos nas principais culturas que produz, sobretudo na soja. Estudo realizado por Veiga & Garrafa (2004, p.35-42), com base em dados do Ministério da Agricultura, da Fundação de Economia e Estatística, da XXIX Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul, da XXXIV Reunião da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo e Indicações técnicas para a cultura do milho no Estado do Rio Grande do Sul, comparando o rendimento das três principais culturas agrícolas brasileiras, soja, milho e trigo, responsáveis por mais de 84 % da produção brasileira de grãos, no Rio Grande do Sul, Brasil, Estados Unidos, Argentina e China, concluiu que “o Brasil apresenta uma tendência de crescimento de produtividade apenas na cultura da soja” e este estado, embora sendo o terceiro maior produtor nacional da cultura, apresenta rendimento médio superior apenas ao Estado do Piauí no heptênio 1995/96 a 2001/02. Em igual período, nas culturas do milho e do trigo, o Estado do Rio Grande do Sul acompanha os rendimentos médios brasileiros, no entanto estes se

apresentam muito aquém dos rendimentos médios dos países utilizados como referência. Portanto, em qualquer das três culturas estudadas, o Estado gaúcho, mesmo ocupando o terceiro lugar em volume de produção de grãos no Brasil, não se constitui referência de produtividade.

Conforme o exposto, é possível notar que muitas melhorias no setor produtivo primário ainda podem ser promovidas, seja pela potencialização dos fatores de produção, quanto pela inclusão, neste processo, de inúmeros produtores dele hoje alijados. Desta forma, é necessária a modernização destes produtores, a qual não mais é possível ser buscada através do paternalismo estatal, como em décadas passadas, necessitando, portanto, ser alcançada por uma eficiência que reduza os custos unitários de produção e incremente preços de venda aos excedentes, além de uma competitividade atingida pela melhoria da qualidade dos excedentes e redução dos custos produtivos.

Para promover a eficácia, se faz necessária a otimização dos aspectos produtivos, o que só pode ser obtido com a utilização de ferramentas que possibilitem o melhoramento gerencial da propriedade rural, sobretudo, nos processos de decisão, alcançáveis com boa gestão da qualidade no processo. As atividades do setor primário, de uma forma geral, e os processos de cultivo agrícola, em particular, caracterizam-se por não permitir mensuração das práticas adotadas visando posterior correção, uma vez que elas se consumam por si próprias, necessitando, portanto, ações preventivas para eliminação dos possíveis defeitos decorrentes. A busca da eliminação de perdas nos processos produtivos agrícolas passa, portanto, pela detecção e eliminação de suas causas, de maneira sistemática, indicando a necessidade da busca pela qualidade nestes processos, a ser empreendida com o auxílio de ferramentas da qualidade que operem preventivamente. Assim sendo, no intuito de otimizar os cultivos agrícolas, primeiramente, há de se relacionar todas as possíveis causas que interferem em seu resultado final.

Nos estudos referentes à produção vegetal é usual a aplicação do Princípio dos Fatores Limitativos ou Lei de Liebig para exemplificar a importância da otimização dos fatores produtivos. Este princípio, segundo Brady (1979, p.20), apregoa que o rendimento de uma determinada cultura está limitado ao fator de produção de maior carência ao crescimento dos vegetais. Observando o processo de cultivo agrícola sob esta ótica, pode-se afirmar que, uma vez listadas as causas interferentes no processo produtivo, é necessário detectar quais se

apresentam como limitantes principais, portanto, com prioridade de atenção. Assim como a Lei de Liebig, a Análise de Modo e Efeito de Falha Potencial, FMEA, um método utilizado para garantir a qualidade em processos, ao estudar e mapear processos e/ou projetos, tem por princípio a utilização de ações preventivas sobre as causas limitantes principais dos mesmos.

Para efetuar a análise de causas prioritárias de potenciais falhas em processos, a FMEA utiliza o arrolamento da função do processo, dos requisitos do mesmo, do modo de falha potencial, do efeito potencial da falha e controles atuais do processo (preventivos e detectivos). Com base nos itens arrolados, é efetuada a priorização quantitativa das falhas, para a qual a FMEA leva em consideração a severidade (classificação da falha potencial associada ao efeito mais grave para um dado modo de falha), ocorrência (probabilidade de um mecanismo/causa específico de falha vir a ocorrer) e a detecção (classificação associada ao melhor controle de detecção listado na coluna de controle de processo).

Desta forma, a FMEA permite listar as causas principais a impactar sobre um efeito esperado e o faz pela determinação do Número de Prioridade de Risco, NPR, o qual expressa a causa prioritária de risco, sendo obtido pelo produto dos índices de severidade, ocorrência e detecção de uma determinada falha potencial. Outra maneira de a FMEA efetuar esta listagem é com o uso de Gráficos de Área, avaliando apenas a severidade e a ocorrência, as quais são dispostas graficamente, com a primeira ocupando as ordenadas e a segunda, as abscissas. Neste caso, o índice detecção, por constituir-se uma ação reativa e não preventiva, é desconsiderado.

Em acordo com o exposto, é legítimo crer que, com a utilização da FMEA no estudo de um processo produtivo agrícola, torna-se possível detectar as falhas potenciais prioritárias do mesmo, gerando ações preventivas que auxiliem na melhoria de seus rendimentos. A canola, uma planta originária da seleção de cultivares de colza (principalmente *Brassica napus* e *Brassica campestris*), com cultivo recente no país, se apresenta como uma cultura propícia à aplicação da FMEA, uma vez que tem apresentado baixos rendimentos, consequência de gargalos no processo produtivo, capazes de, uma vez identificados, serem facilmente suplantados.

No Brasil, a cultura já alcançou área cultivada de até aproximadamente 20.000 hectares (TOMM, 2000, p.1). Ainda segundo Tomm (2000, p.1), no Rio Grande do Sul a área

cultivada com a cultura já chegou aos 10.000 hectares, sendo que, em 2004, estima-se ter sido cultivada uma área de aproximadamente 10.000 hectares (TOMM, 2004, p.14). A diminuição de área ocorreu devido a problemas de manejo da cultura, portanto, falhas no processo produtivo, sendo que a expectativa futura é de significativo aumento da mesma, face tanto aos excelentes preços alcançados pelo grão no mercado, ao fomento à produção efetuado pelas empresas compradoras, quanto às novas tecnologias de cultivo que estão sendo desenvolvidas pela pesquisa.

Tecnicamente, a canola tem demonstrado potencial elevado de inclusão em sistema de rotação de culturas, prática fundamental na viabilização do sistema de semeadura direta, o qual tem gerado, além de significativo seqüestro de gás carbônico do ar para o solo, proteção e conservação das áreas agrícolas, sem precedentes.

No âmbito comercial, a cultura tem se constituído em alternativa mais rentável que o trigo, embora ambas não sejam excludentes, podendo inclusive ser cultivadas em rotação, gerando ação sinérgica.

A retomada de cultivo, com aumento de área semeada com a cultura, depende, no entanto, além do mercado e da tecnologia, do conhecimento dos produtores rurais, especificamente de sua predisposição para aplicar corretamente a tecnologia disponível. A má condução tecnológica no cultivo dessa brássica tem sido limitante e notória, bastando se observar os baixos rendimentos médios alcançados. Assim sendo, a aplicação de ferramentas que auxiliem na determinação das causas prioritárias de potenciais falhas no cultivo da canola e das ações preventivas necessárias para sua eliminação, gerando mapeamento de todo o processo, deve contribuir para elevação da sua produtividade média na região Fronteira Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, constituindo em campo fértil ao estudo proposto, uma vez que é capaz de gerar incorporação ao processo produtivo de grandes áreas que ficam em “pousio” na região, durante o inverno, com conseqüente ampliação da ocupação de mão-de-obra, da utilização da maquinaria, do uso do solo e, sobretudo, da renda da propriedade rural.

Para demonstrar a viabilidade da utilização da FMEA em processo produtivo de canola, o presente estudo encontra-se estruturado em cinco capítulos para além deste primeiro, de caráter introdutório.

No segundo capítulo, são descritos os conceitos e princípios que norteiam o método da Análise dos Modos e Efeitos de Falhas Potenciais, FMEA. Também está apresentada a cultura da canola quanto à origem, caracterização botânica, utilização e processo de cultivo, além das suas perspectivas na Região Sul do Brasil sob a ótica dos impactos sociais, econômicos e ambientais gerados.

Já no terceiro capítulo estão explicitados os aspectos metodológicos utilizados para o desenvolvimento da pesquisa, tanto sob a perspectiva procedimental quanto na perspectiva analítica, com auxílio de ferramentas estatísticas.

No capítulo quarto, está demonstrada, sistematicamente, a aplicação da FMEA ao processo de cultivo da canola, englobando desde o arrolamento das possíveis falhas das funções do processo, até as suas priorizações e respectivos planos de ação preventiva.

O quinto capítulo atém-se à discussão dos resultados da pesquisa de laboratório, com análise estatística dos resultados, efetuando comparação de cultivo com e sem aplicação da FMEA.

No último capítulo, são apresentadas as conclusões do presente trabalho respondendo ao problema evidenciado. Estas conclusões, no entanto, são de caráter provisório, pois quaisquer estudos nesta área, com mudança das variáveis, podem gerar resultados diferenciados.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Demonstrar a viabilidade do uso da Análise de Modo e Efeito de Falha Potencial, FMEA, na determinação de ações preventivas para a maximização dos fatores de produção no processo de cultivo de canola.

1.1.2 Objetivos Específicos:

- Identificar as potenciais causas geradoras de redução na produtividade da cultura da canola.
- Determinar, com auxílio da FMEA, as causas prioritárias de potenciais falhas no processo produtivo da cultura estudada.
- Estruturar plano de ações preventivas para controle das causas prioritárias detectadas.
- Instalar campos de cultivo de canola com e sem aplicação de FMEA para obtenção de resultados passíveis de comparação.
- Efetuar análise estatística dos resultados, visando determinar a influência das ações preventivas efetuadas na qualidade dos resultados finais da cultura.

1.2 Problema

Considerando que os cultivos agrícolas não apresentam a possibilidade de receber correções em seus processos, uma vez que se esgotam em si mesmos, cabe a busca de resposta sobre a possibilidade da Análise de Modo e Efeito de Falha Potencial, FMEA, ferramenta eminentemente preventiva, potencializar os processos de cultivo da canola, refletindo em maior rendimento à cultura.

1.3 Limites do trabalho

O estudo proposto tem como base de análise o cultivo de canola realizado no ano de 2004 na Escola-Fazenda da Sociedade Educacional Três de Maio, SETREM, mantenedora do Curso Técnico em Agropecuária, situada na localidade de Esquina Motta, Município de Independência, RS. A gleba onde foi instalada a pesquisa de laboratório tem a denominação de Área do Rapachi – Frente. A propriedade rural na qual se insere a área laboratorial está situada a 27 ° 52 ‘ 23,8 “ de latitude sul e 54 ° 16 ‘ 41 “ de longitude oeste. A altitude do

local é de 289 metros acima do nível do mar. O tipo de solo que constitui a área é latossolo Roxo Distrófico, unidade de mapeamento Santo Ângelo.

No local alvo do estudo, as áreas de cultivo estão todas sistematizadas com terraços construídos em base larga e em nível, sendo utilizado o sistema de semeadura direta. As condições de fertilidade do solo são boas, apresentando, segundo a análise de solo, realizada em 14 de maio de 2004, com base em amostra coletada em abril do mesmo ano, 165 mg/L de potássio, 11,6 mg/L de fósforo, 3,2 % de matéria orgânica, com alumínio zerado, pH em água de 6,2 e índice SMP de 6,4.

A gleba foi adquirida pela SETREM no ano de 2001, tendo sido cultivada, neste ano, com soja, sucedida em 2002 por nabo forrageiro, o qual serviu de fornecedor de nitrogênio à cultura sucessora, o milho safra. Em 2003, após colheita do milho safra, a área foi cultivada com milho safrinha, sucedido por ervilha e soja. Esta última foi colhida em abril de 2004, com subsequente cultivo de canola.

Considerando que a aplicação da FMEA busca reconhecer e avaliar as falhas potenciais de um produto/processo e os efeitos destas falhas, identificar ações que poderiam eliminar ou reduzir a possibilidade de ocorrência das falhas potenciais e documentar todo o processo, o presente trabalho de pesquisa apresenta resultados válidos para as condições acima expostas. Sua extrapolação para análise de cultivo de outras culturas não apresenta validade, bem como para análise de cultivo de canola em outras áreas rurais. No entanto, a metodologia adotada pode servir de referência à aplicação da FMEA em situações diversas de cultivo agrícola.

1.4 Fluxograma das atividades realizadas

O presente estudo foi desenvolvido em diversas etapas, a saber: estruturação da equipe FMEA, definição dos subprocessos componentes do processo de cultivo da cultura da canola, determinação da escala de avaliação dos critérios severidade, ocorrência e detecção das falhas potenciais no processo de cultivo da cultura, elaboração de diagrama causa e efeito para cada um dos subprocessos tendo como efeito considerado a diminuição do rendimento da cultura, arrolamento dos requisitos necessários ao eficaz desempenho dos subprocessos, levantamento dos modos potenciais de falha dos requisitos arrolados, listagem dos efeitos das

potenciais falha dos modos, levantamento das causas geradoras das potenciais falhas, levantamento dos controles atuais (preventivos e detectivos) dos modos de falha, estruturação dos formulários de entrada para cada subprocesso, avaliação dos critérios severidade, ocorrência e detecção por consenso da Equipe FMEA, priorização das causas potenciais de falha com auxílio de abordagem gráfica, montagem de matriz de investigação das causas-comuns de falha, estruturação de plano de ações preventivas para controle das causas priorizadas, instalação de pesquisa laboratorial com cultivo de duas lavouras, uma com e outra sem aplicação da FMEA, levantamento da densidade de plantas, espaçamento entre plantas, número de siliques por planta e rendimento em ambos os cultivos, tratamento estatístico dos dados. O fluxograma destas etapas está demonstrado na Figura 1.

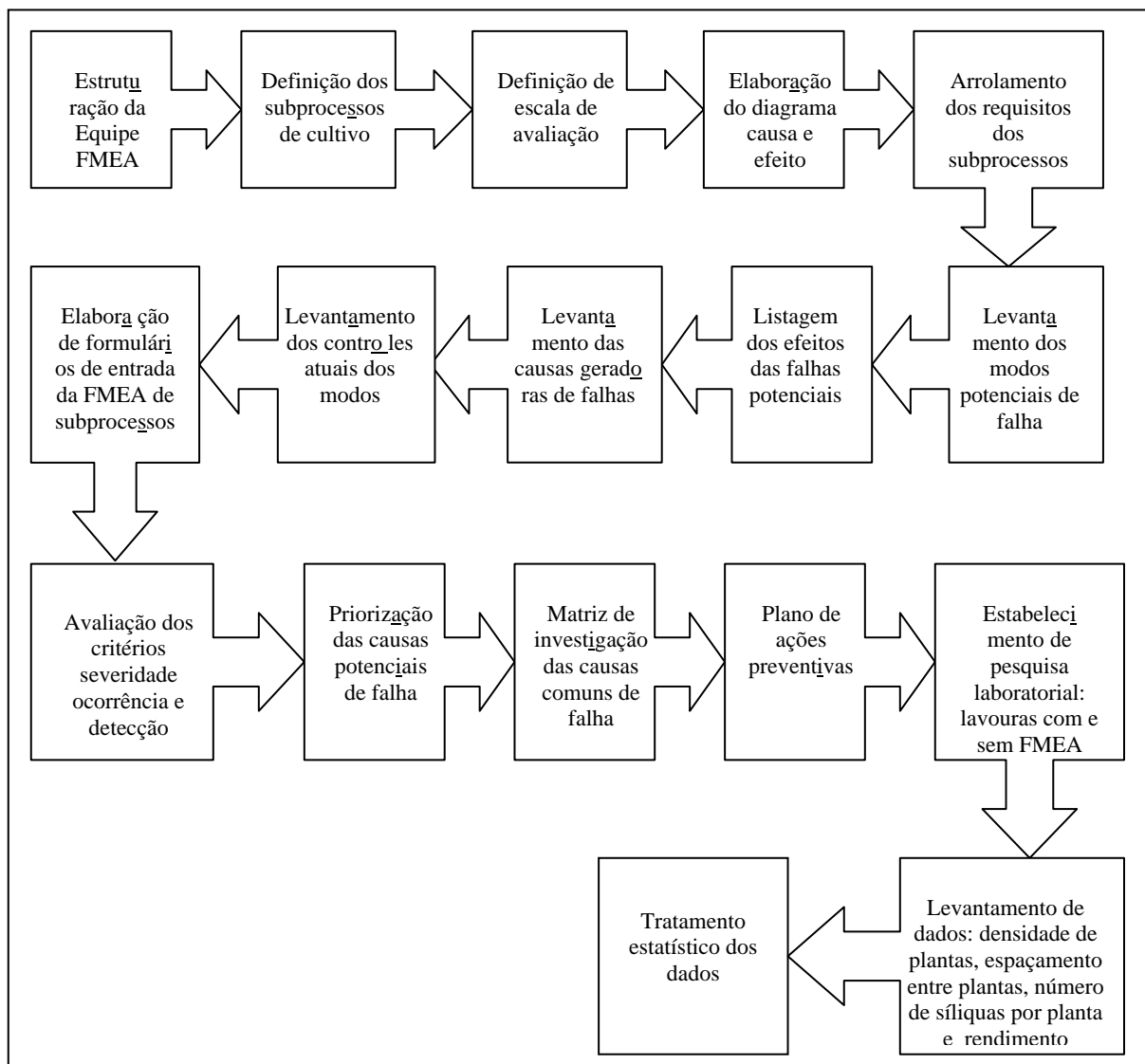


FIGURA 1 - Fluxograma da FMEA de canola na Escola-Fazenda da SETREM

CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA

Em função da inexistência de informações a respeito da utilização da análise de modos e efeitos de falha potencial, FMEA, em processos de cultivos agrícolas, ao propor sua aplicação nesta área, se faz necessário, primeiramente, o conhecimento de seu funcionamento, tanto quanto do processo de cultivo ao qual está proposta sua aplicação. Assim sendo, o presente capítulo discorre sobre a origem desta ferramenta da qualidade, seus componentes básicos e a sistemática de seu funcionamento, versando também a respeito da cultura da canola, caracterizando-a, explicitando suas utilizações, seus subprocessos e perspectivas no âmbito técnico, econômico, social e ambiental.

2.1 A análise de modos e efeitos de falha potencial

A análise de modos e efeitos de falha potencial, vulgarmente denominada no meio industrial por FMEA, sigla oriunda da expressão original *Failure Mode and Effects Analysis*, segundo a CEV – Consultores em Engenharia de Valor Ltda (2000, p.1) pode ser definida como um “processo sistemático que permite identificar potenciais falhas de um sistema, projeto ou processo, objetivando eliminar ou minimizar o risco associado, antes que aquelas aconteçam”. A descrição da FMEA efetuada por Daimler Chrysler, Ford & General Motors (2001, p.1) aprofunda mais a descrição acima, considerando que ela se destina, além do já explicitado, a documentar todo o processo.

Na visão de Palady (1997, p.5), a FMEA é uma técnica que oferece três funções distintas, constituindo-se tanto em “uma ferramenta para prognóstico de problemas” como em “um procedimento para desenvolvimento e execução de projetos, processos ou serviços, novos ou revisados” e um “diário do projeto, processo ou serviço”. Na seqüência, o autor referido afirma que como ferramenta, a FMEA “é uma das técnicas de baixo risco mais eficientes para prevenção de problemas e identificação das soluções mais eficazes em termos de custos, a fim de prevenir esses problemas” (p.5).

Tanto Palady (1997, p.6) quanto Daimler Chrysler, Ford & General Motors (2001, p.2) referem-se à possibilidade de elaboração de FMEA de projeto e/ou de processo, sendo afirmado pelos últimos que a “ FMEA de projeto dá suporte no desenvolvimento do processo do projeto, reduzindo os riscos de falha” e que a “FMEA de processo ... tem a finalidade de assegurar que, na extensão do possível, os modos de falha potencial e suas causas/mecanismos foram considerados e abordados” (p.2).

De acordo com Helmann & Andery (1995, p.6-7), “quando o conceito de Garantia da Qualidade se aplica ao desenvolvimento de novos produtos ou processos, essa tarefa é denominada Garantia da Qualidade em Projetos”, no entanto, quando os processos “encontram-se na fase de concepção”, não ainda implantados, ou em operação, caracterizam Garantia de Qualidade em Processos. Desta forma, por não se constituir o cultivo de canola em um novo produto ou processo, a FMEA a ser a ele aplicada constitui-se uma FMEA de processo.

2.1.1 Origem da FMEA

A *Failure Mode and Effects Analysis*, FMEA, foi concebida pelo Exército Norte Americano e documentada em Procedimento Militar MIL - P - 1629, datado de 9 de novembro de 1949 sob a denominação de “Procedimentos para desempenhar um modo de falha, seus efeitos e análise de sua criticidade” (NUNES & FAUSTINO, 2004, p.14). De acordo com a CEV – Consultores em Engenharia de Valor Ltda (2000, p.1), esta ferramenta da qualidade foi então usada “como uma avaliação técnica de segurança para determinar as falhas e efeitos do sistema e do equipamento”, sendo as falhas “classificadas de acordo com o seu impacto no sucesso da missão e na segurança do pessoal/equipamento”.

Segundo Pessoa, Silva & Camargo (2002,p.8), na década de 50, os preceitos da FMEA serviram de base para a indústria química da Grã-Bretanha iniciar a gestão da qualidade baseada na identificação de pontos críticos de controle, ou seja, os princípios da *Harzard Analysis and Critical Control Point*, HACCP, ferramenta muito utilizada atualmente pelas agroindústrias. Mortimore & Wallace (2001, p.2) também afirmam que a HACCP originou-se da FMEA, muito embora desenvolvida “nos primeiros dias das viagens espaciais

tripuladas dos EEUU como um sistema para a segurança microbiológica, dado que era fundamental garantir que os alimentos dos astronautas fossem seguros”.

A CEV – Consultores em Engenharia de Valor Ltda (2000, p.1), por sua vez, alega que a ferramenta foi utilizada na indústria aeroespacial, durante o programa Apollo, nos anos 60, tendo ingressado na indústria automotiva na década de 1970, apresentando bons resultados. Segundo a mesma autoria, todos os fornecedores da indústria automotiva aplicaram este método através da norma QS 9000. Atualmente a mesma norma foi incorporada às normas ISO, sob a referência ISO/TS 16949. Conforme Nunes e Faustino (2004, p.16), consiste na necessidade de utilização do planejamento de qualidade de excelência do produto, incluindo FMEAs de processo e produto e desenvolvimento de um plano de controle. Portanto, a FMEA constitui-se requisito obrigatório para a norma ISO/TS 16949, sendo de grande utilidade para as análises críticas necessárias aos requisitos de controle de projetos e de processos dos fornecedores da indústria automotiva..

2.1.2 Componentes básicos da FMEA e sistemática de uso

O método FMEA, segundo Helman & Andery (1995, p.19), fornece “pistas para a execução de melhorias nos sistemas, mediante a descoberta de pontos problemáticos, relacionando as falhas nos elementos do subprocesso com suas conseqüências no sistema como um todo”. Palady (1997, p.26) justifica a utilização da FMEA, afirmando que, em se tratando de previsão de problemas potenciais, não se deve contentar com a resolução de menos de 100 % e, mesmo que “os 100 % ou a confiabilidade não possam ser alcançados ao longo prazo, é necessário lutar para chegar cada vez mais próximo dessa meta ideal”.

Toda a FMEA deve ser desenvolvida com base em um formulário padrão. Segundo Palady (1997, p.41), “há vários formatos ou versões do formulário da FMEA”. A elaboração da FMEA deve ser efetuada com base em determinados componentes e, embora a diversidade citada por Palady, muitos autores (PALADY, 1997, p.41-85; HELMAN & ANDERLY, 1995, p.28-42; DAIMLER CHRYSLER, FORD & GENERAL MOTORS, 2001, p.37-58) concordam que, basicamente, ela deva conter um cabeçalho estruturado, as funções ou requisitos do processo, seus modos de falha, os efeitos das falhas e suas respectivas severidades, as causas geradoras das falhas e suas respectivas ocorrências, as formas atuais de controle do processo e perspectiva de gerar detecção das falhas. Todos os autores

anteriormente citados concordam também sobre a indispensabilidade de planejamento da FMEA antes do início de sua construção.

2.1.2.1 Planejamento da FMEA

O planejamento da FMEA deve contemplar inicialmente a definição do responsável pelo seu desenvolvimento e pela sua manutenção, bem como a seleção das pessoas que constituirão sua equipe. A equipe FMEA deve ser composta por pessoas envolvidas com o processo e com experiência no mesmo, inclusive representante de fornecedores e clientes, capitaneadas por engenheiro responsável, uma vez que o método deve ser “um catalisador para estimular a troca de idéias entre os departamentos envolvidos e, assim, promover abordagem de equipe” (DAIMLER CHRYSLER, FORD & GENERAL MOTORS, 2001, p.9).

Palady (1997, p.34) ensina que o número de integrantes da equipe FMEA deve ser o mínimo de pessoas que representem “com justiça e sem compromisso, o interesse de todos os grupos que exercem influência sobre a qualidade e confiabilidade finais do processo” e aponta como diretriz genérica cinco a sete pessoas.

Outro aspecto importante a ser considerado no planejamento da FMEA é a abordagem que será utilizada, se *top-down* (de cima para baixo, iniciando a análise no nível de sistema dirigindo-se ao nível de seus componentes individuais, passando pelos subprocessos) ou *bottom-up* (de baixo para cima). A primeira abordagem pode não ser prática no caso de sistemas muito grandes e complexos (PALADY, 1997, p.27). Helman & Andery (1995, p.26), argumentam que em FMEA se raciocina de baixo para cima.

Segundo Palady (1997, p.29), “para garantir FMEAs eficazes e eficientes, é preciso estabelecer regras básicas, compreendê-las e concordar com elas na fase de planejamento”. Desta forma o autor sugere que sejam considerados os seguintes aspectos:

- Não considerar todos os modos de falha concebíveis: caso a equipe decida que um modo de falha, embora possível de ocorrer, não seja realmente importante, essa falha não deve ser incluída no formulário da FMEA.

- Procurar redigir o modo de falha como a expressão negativa da função.

- Determinar uma abordagem para classificar os modos ou causas das falhas: classificar a ocorrência e a detecção do modo de falha ou das causas individuais do modo de falha. Cabe frisar que, independentemente da abordagem utilizada, as soluções para analisar os modos de falha selecionados através da FMEA devem ser avaliadas através das causas listadas na FMEA.

- Efetuar ajuste das escalas de classificação (para severidade, ocorrência e detecção) e elaboração de definições bastante específicas para cada um dos valores das escalas antes do desenvolvimento da FMEA, a fim de aumentar a precisão das classificações pelos membros da equipe.

Também é fundamental definir, na fase de planejamento, a dinâmica do processo, principalmente no que diz respeito à classificação da severidade dos efeitos de falha e da ocorrência e detecção de seus modos, uma vez que é comum ocorrer divergência entre a equipe. Ao abordar este aspecto, Palady (1997, p.35) sugere a utilização de duas opções: o consenso de equipe e a nota média com uma estratégia de contingência para extremos e cisões. O consenso representa o valor de menor risco, podendo, no entanto, gerar morosidade e custo elevado. A segunda opção oferece risco reduzido, abordagem eficaz em termos de custo e preserva a dinâmica da equipe. Ela pode ser visualizada na Quadro 1.

QUADRO 1 - Estrutura de abordagem da nota média como estratégia de contingência para extremos e cisões

Falha	Efeito	Causa	Detecção	1	2	3	4	5	6	7	Média
	A			8	-	8	-	9	9	10	9
	B			2	7	7	7	8	9	9	EXTREMO
	C			2	2	3	3	8	8	9	CISÃO
	D			7	7	7	7	7	7	7	7

Fonte: Palady (1997, p.36)

Conforme pode ser observado na QUADRO 1, nos efeitos A e D, a média facilmente resolve o problema. No caso do efeito B, há necessidade de diálogo da equipe para ouvir a explicação da pessoa que deu a nota extrema, inclusive para saber se ela não tem alguma informação desconhecida do restante do grupo. Caso positivo, efetua-se nova votação e, em caso negativo, o diálogo deve ser suficiente para esclarecer a questão. Em ambas situações efetua-se nova média. Já na situação do efeito C, foi gerada uma cisão e, não havendo consenso rápido, designa-se um membro do grupo para efetuar estudo estatístico independente para avaliar objetivamente a severidade dos efeitos no modo de falha considerado.

2.1.2.2 Cabeçalho da FMEA

A FMEA é um diário e, portanto, é relevante que o seu cabeçalho contemple informações que permitam identificar precisamente do ela trata, quem está envolvido em seu desenvolvimento, o que por ela será influenciado, quando ela foi iniciada, qual foi a última informação incluída e quem é o responsável pela manutenção e aprovação de suas revisões (PALADY, 1997, p.41).

Segundo Daimler Chrysler, Ford & General Motors (2001, p.37-39), o cabeçalho da FMEA deve conter:

- Número da FMEA: utilizado para a rastreabilidade.
- Item: contendo o nome e o número do componente, subprocesso ou sistema em análise.
- Responsável pelo processo: nome do fabricante de equipamento original, departamento e grupo. Se conhecido, colocar o nome do fornecedor.
- Preparado por: nome, telefone e empresa do engenheiro responsável pela FMEA.
- Ano modelo (s)/programa: especificação do equipamento e/ou processo que irá usar e/ou será afetado pelo projeto/processo em análise.

- Data chave: data inicialmente prevista para conclusão da FMEA.

- Data da FMEA: data em que a FMEA inicial foi compilada e a data de sua última revisão.

- Equipe: listagem com os nomes e os departamentos das pessoas responsáveis que tem a autoridade para identificar e/ou realizar as tarefas.

2.1.2.3 Funções do processo

As funções ou requisitos do processo, segundo Helman & Andery (1995, p.32), “devem descrever de maneira sucinta a função que o item (componente, subprocesso ou etapa do processo) deve desempenhar”. A operacionalização do arrolamento das funções do processo deve ser efetuada a partir de um *brainstorming*, com posterior abertura rápida da lista à críticas, selecionando as funções realmente importantes (PALADY, 1997, p.50).

2.1.2.4 Modos de falha potencial

Modo de falha potencial expressa a forma como um projeto, processo ou serviço deixa de desempenhar um requisito anteriormente definido. Conforme Palady (1997, p.54), esta é a abordagem preferencial, denominada funcional, podendo também ser utilizada a abordagem hardware, na qual cada componente ou peça é listado, necessitando informações detalhadas sobre o projeto, as quais, normalmente, segundo o autor, “não estão disponíveis ou não foram aprimoradas durante os estágios iniciais de desenvolvimento do projeto ou processo”, além do que, a descrição do defeito do componente “não identifica necessariamente como o projeto deixa de desempenhar a função que se espera dele”.

De acordo com Daimler Chrysler, Ford & General Motors (2001, p.39), o modo de falha é a descrição de uma não-conformidade em uma operação específica, “que pode ser associada com o modo potencial de falha de uma operação subsequente (*output* da operação) ou ao efeito associado a uma falha potencial de uma operação anterior (*input* da operação) – interfaces do processo”.

Conforme já citado no item 2.1.2.1, de acordo com Palady (1997, p.29), havendo dúvidas quanto ao modo de falha listado ser efetivamente efeito ou possível causa, procurar redigi-lo como a expressão negativa da função ou requisito.

2.1.2.5 Efeitos potenciais de falha

Os efeitos potenciais de falha representam “as formas como os modos de falha afetam o desempenho do sistema, do ponto de vista do cliente. É o que o cliente observa” (HELMAN & ANDERY, 1995, p.35). Daimler Chrysler, Ford & General Motors (2001, p.41), ao considerarem a existência de clientes internos e externos, os alocam como os responsáveis pelos processos a jusante, a próxima operação, locais ou operações subsequentes, concessionários ou usuário final. Para o usuário final sugerem que os efeitos sejam sempre formulados em termos de desempenho do sistema ou produto. Sendo o cliente a próxima operação ou operações/locais subsequentes, os efeitos devem ser focados no desempenho da operação ou processo.

2.1.2.6 Severidade dos efeitos de falha

A severidade, expressada em índice, é um parâmetro de avaliação para a gravidade dos efeitos potenciais de falha listados no formulário da FMEA. Daimler Chrysler, Ford & General Motors (2001, p.41) definem severidade como “uma classificação associada ao efeito mais grave para um dado modo de falha”. Palady (1997, p.60) indica que a avaliação da severidade normalmente recebe medição através de escala variável de 1 a 10, sendo 1 o “indicador que o efeito não é sério aos olhos do cliente ou que o cliente talvez nem perceba o efeito. O número 10 reflete os piores efeitos/conseqüências resultantes do modo de falha”. Ainda segundo Palady (1997, p.63), “algumas organizações que desenvolveram procedimentos internos de FMEA exigem que sejam considerados de forma especial os modos de falha que podem produzir efeitos com severidade estimada igual ou superior a 9”. A escala de severidade proposta por Daimler Chrysler, Ford & General Motors está apresentada no Anexo A.

2.1.2.7 Causas geradoras de falhas

Uma vez listados os modos de falha e seus respectivos efeitos, se faz necessária a determinação das causas geradoras destas falhas. Daimler Chrysler, Ford & General Motors (2001, p.43) definem causa potencial de falha “como a forma pela qual a falha poderia ocorrer, descrita em termos de alguma coisa que possa ser corrigida ou possa ser controlada”.

Nunes e Faustino (2004, p.27) indicam que as causas potenciais dos modos de falha do produto ou processo “podem ser identificadas e classificadas em termos de categorias gerais, como por exemplo: material, ambiente, pessoas, equipamentos e método”, ou seja, através do diagrama de causa e efeito ou diagrama de Ishikawa. É possível acrescentar às categorias apontadas pelos autores, a medida. Tachizawa & Scaico (1997, p.231) definem este diagrama como “uma forma de representação lógica e estruturada das relações existentes entre um efeito e suas causas relativas, cujos objetivos são: identificar todas as possíveis causas de um problema, organizar possíveis causas de maneira lógica e ilustrar relações de causa graficamente”. Os mesmos autores afirmam ainda que esta ferramenta é usada “como um instrumento de gestão participativa na busca de soluções de problemas” (1997, p.232).

Conforme já frisado no item 2.1.2.1, não se deve incluir no formulário da FMEA todos os modos de falha concebíveis. Para tanto, Palady (1997, p.65) sugere que sejam listadas apenas algumas causas, às quais ele chamou de “causas básicas”, a serem quantificadas ou avaliadas com auxílio do diagrama de Pareto.

2.1.2.8 Ocorrência das causas geradoras de falha

A ocorrência é um índice apresentado em escala pré-determinada, que expressa a probabilidade de um mecanismo/causa específico ocorrer (DAIMLER CHRYSLER, FORD & GENERAL MOTORS, 2001, p.47). A mesma autoria alerta para o fato de o “índice de ocorrência ter um valor relativo, ao invés de valor absoluto. Prevenindo ou controlando os mecanismos/causas de falha através de alteração no projeto ou processo é a única maneira de efetivar a redução do índice de ocorrência”. A escala de ocorrência proposta por Daimler Chrysler, Ford & General Motors está apresentada no Anexo B.

De acordo com o exposto no item 2.1.2.1, é necessário que a Equipe FMEA defina a abordagem que utilizará na avaliação da ocorrência, optando pela frequência com que o modo de falha ocorrerá ou pela frequência com que a causa do modo de falha ocorrerá. Palady (1997, p.72) afirma que, independente da abordagem utilizada deve-se ter cuidado para que o “índice de falha reflita o nível histórico da organização ou de algumas divisões/fábricas dentro da organização”.

2.1.2.9 Controles atuais do processo

Controles atuais do processo são, de acordo com Daimler Chrysler, Ford & General Motors (2001, p.49), “descrições dos controles que podem detectar ou prevenir, na medida do possível, a ocorrência do modo de falha ou mecanismo/causa da falha”. Estes autores também ensinam que “a abordagem preferencial é primeiro usar os controles de prevenção, se possível”. Caso isso não seja possível, é necessário arrolar os controles de detecção passíveis de aplicação após o evento.

2.1.2.10 Detecção das falhas

A detecção das falhas expressa, de acordo com escala pré-determinada, a possibilidade de detecção do problema antes que ele ocorra e, conforme, “associada com o melhor controle de detecção listado na coluna de controle de processo... e, para alcançar um índice menor, geralmente o planejamento do controle de processo deve ser melhorado”. Nesse sentido, Palady (1997, p.77) indica que “informações sobre o tipo de controles/sistemas atualmente em vigor dentro da organização ajudarão na avaliação da eficácia dessa detecção”. Daimler Chrysler, Ford & General Motors (2001, p.51) afirmam também que “verificações aleatórias da qualidade não são eficazes para a detecção de um defeito isolado e não deveriam influenciar no índice de detecção. A amostragem feita em uma base estatística é válida como um controle de detecção”. A escala de detecção proposta por Daimler Chrysler, Ford & General Motors está apresentada no Anexo C.

2.1.2.11 Priorização de causas potenciais de falhas

A priorização de causas potenciais de falhas em FMEA deve ser efetuada tendo por base os índices de severidade, ocorrência e detecção. Para tanto, duas abordagens têm sido

utilizadas: uma numérica, que indica um índice denominado número de prioridade de risco (DAIMLER CHRYSLER, FORD & GENERAL MOTORS, 2001, p. 53; HELMAN & ANDERY, 1995, p. 41-42) e outra gráfica, que utiliza gráficos de área (PALADY, 1997, p.83).

O Número de Prioridade de Risco, NPR, denominado por Helman & Andery (1995, p.41) de Índice de Risco, de acordo com Daimler Chrysler, Ford & General Motors (2001, p.53) “é o produto dos índices da Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção (D)” e “dentro do escopo de uma FMEA individual, este valor pode ser utilizado para priorizar as deficiências do processo”.

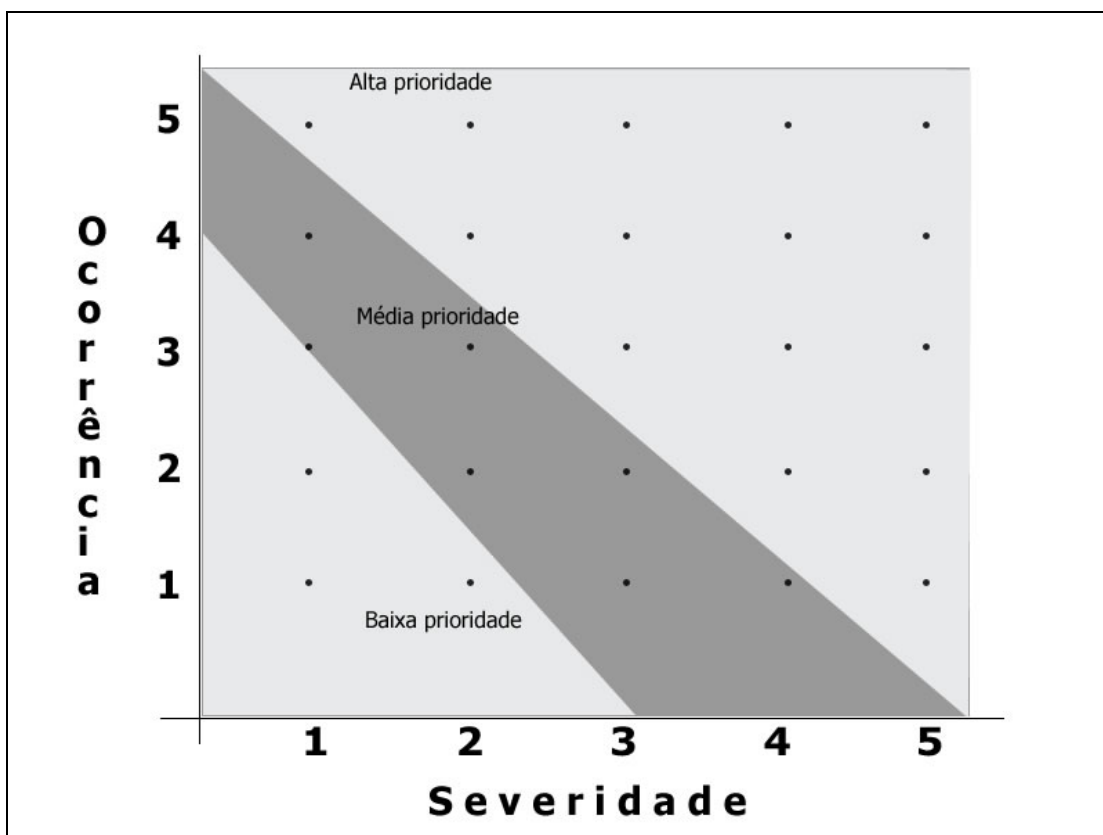
Na visão de Helman & Andrey (1995, p.42), as falhas com maior NPR “deverão ser tratadas prioritariamente”, no entanto, advertem os autores que uma falha com remota possibilidade de ocorrer, mas que seja extremamente grave, “merecerá uma grande atenção”, ou seja, nem sempre a NPR deverá ser utilizada com exclusividade na priorização de falhas. Nunes & Faustino (2004, p.35) frisam que a Equipe FMEA “tem soberania, devido sua experiência, para decidir se o risco é elevado e se necessário definir uma ação”.

Segundo Palady (1997, p.132), as empresas, ao acrescentar qualificadores à interpretação da FMEA, “afirmando que, além de selecionar os NPRs mais altos a equipe deve buscar os mais altos graus de severidade e os mais altos índices de ocorrência”, geram sustentação ao uso de uma nova abordagem à interpretação da FMEA, a qual ele denominou de abordagem por Gráficos de Área. O autor explica que uma “abordagem gráfica usa os graus de severidade e os índices de ocorrência para interpretar e selecionar os modos de falha mais importantes”.

A argumentação básica de Palady (1997, p.132) é que “antes de uma organização alocar recursos para melhorar a detecção, todas as oportunidades de redução de ocorrência e minimização dos efeitos dos modos de falha devem ser consideradas”. Segue argumentando que uma abordagem que considere os graus de severidade e os índices de detecção estabelece uma interpretação proativa, ao passo que a abordagem da NPR, apesar de utilizar também a proatividade, ao considerar a detecção, efetua uma abordagem reativa, uma vez que esta só é assinalada após operação realizada, portanto, em desconformidade com o princípio das ações preventivas que rege a FMEA.

Assim sendo, o Gráfico de Áreas, ainda de acordo com Palady (1997, p.153), deve ser “construído usando as duas escalas proativas de avaliação, a severidade e a ocorrência”, ambas com igual comprimento, sendo a primeira colocada no eixo horizontal e a segunda no eixo vertical.

Visando à praticidade da abordagem, Palady (1997, p176) sugere que seja efetuada, no formulário da FMEA, uma codificação alfanumérica, apresentada em negrito, após as descrições dos modos potenciais de falha (numérica) e efeitos potenciais das falhas (alfabética). Esta codificação facilitará a alocação do grau de risco no gráfico de área. O autor sugere ainda a divisão do gráfico de área em regiões gráficas que situem as falhas de alta, média e baixa prioridade, conforme demonstrado na Figura 2. Estas regiões devem ser estabelecidas pela equipe FMEA a partir da definição de pontos divisores das fronteiras das áreas de prioridade de forma “coerente com a política da qualidade e os procedimentos da organização”.



Fonte: adaptado de Palady (2002, p.133)

FIGURA 2 - Gráfico de áreas para interpretação da FMEA

Uma vez estabelecidas as causas altamente prioritárias, de acordo com Palady (1997, p.178) se faz necessária a definição das causas-chave comuns de falha, atividade que o autor recomenda seja efetuada após listagem das causas, pela Matriz de Investigação, que, além de complementar o uso do tradicional do NPR, “permite que se apliquem recursos a causas comuns de falhas”. Esta Matriz está apresentada no Quadro 2 e a codificação alfanumérica nele constante refere-se aos modos e efeitos de falha potencial priorizados.

QUADRO 2 – Matriz de investigação das causas geradoras de falhas com alta prioridade de controle preventivo

Matriz de Investigação – Alta Prioridade																		
Causa Comum	Modo de Falha/Efeito																	
	2a	2b	3b	3c	3d	5a	7a	7b	9a	9b	10a	11a	12b	17a	18b	19a	19c	20a
1 – Causa 1	X	X				X						X	X	X		X	X	X
2 – Causa 2	X																	
3 – Causa 3	X	X																
4 – Causa “n”			X	X	X		X	X	X	X	X					X	X	X

Fonte: (adaptado de Palady, 2002, p.178)

Após a definição das causas-chave comuns de falha, há de se desenvolver um plano de ações preventivas visando garantir a correção das possíveis falhas “antes-do-evento” (DAIMLER CHRYSLER, FORD & GENERAL MOTORS, 2001, p. 2). A sistemática utilizada para tanto pode ser a ferramenta conhecida como 5W + 1H, a qual, segundo Rosa (2002, p.10), prevê respostas sobre o que deve ser feito, quando, porque, onde, por quem e como.

2.1.3 FMEA aplicada a processo de cultivo agrícola

Conforme exposto no capítulo introdutório, a agricultura brasileira tem atingido rendimentos sem precedentes. No entanto, parcela significativa dos produtores rurais está à margem deste desenvolvimento, operando de maneira defasada às modernas tecnologias.

Segundo Lacki (1995, p.10), a modernização destes produtores não pode mais ser alcançada com o paternalismo estatal, como em décadas passadas, necessitando, portanto, ser alcançada por uma eficiência que reduza os custos unitários de produção e incremente preços de venda aos excedentes, além de uma competitividade atingida pela melhoria da qualidade dos excedentes e redução dos custos de produção. Desta forma, o desafio, ainda de acordo com Lacki (1995, p.38), é de criar condições para que estes agricultores consigam potencializar os fatores de produção disponíveis, “passando a produzir mais quilos de produto, não só por unidade de mão-de-obra, de terra e de animal, como também por unidade de crédito, de trator, de insumos, de energia, bem como por unidade de tempo”.

Portanto, para promover a eficácia, se faz necessária a otimização dos aspectos produtivos, o que só pode ser obtido com a utilização de ferramentas que possibilitem melhoramento gerencial da propriedade rural, passível de alcance com boa gestão da qualidade no processo, a qual, segundo Paladini (1995, p.18), tem como estratégia básica “melhor organização possível do processo, o que se viabiliza ao longo de três etapas: a eliminação de perdas, a eliminação das causas das perdas e a otimização do processo”.

As atividades do setor primário, de uma forma geral, e os processos de cultivo agrícola, em particular, caracterizam-se por não permitir mensuração das práticas adotadas visando posterior correção, uma vez que elas consumam-se por si próprias, necessitando, portanto, ações preventivas para eliminação dos possíveis defeitos delas decorrentes.

A busca da eliminação de perdas nos processos produtivos agrícolas passa, portanto, pela detecção e eliminação de suas causas, sistemática que indica a necessidade da busca pela qualidade nestes processos produtivos ser empreendida com o auxílio de ferramentas da qualidade que operem preventivamente.

Embora não tenham sido encontradas referências a respeito da aplicação da FMEA em processos de cultivo agrícola, alguns aspectos devem ser considerados a fim de sustentar essa possibilidade. Desta forma, inicialmente é necessário observar que o método está baseado em ações preventivas. Conforme Daimler Chrysler, Ford & General Motors (2001, p.2), “a FMEA deve ser uma ação ‘antes do evento’, e não um exercício ‘após-o-fato’”.

A CEV – Consultores em Engenharia de Valor, Ltda (2000, p.1) afirma que a FMEA, após iniciada, “vai transformar-se num documento vivo que deverá ser atualizado e revisto sempre que necessário. Isto confere a este método um grande dinamismo e utilidade nas mais diversas áreas”. Desta forma, é lógico prever que os cultivos agrícolas, em constante desenvolvimento face as inovações tecnológicas e pesquisas realizadas, muito têm a ganhar em melhoria contínua com a aplicação do método, inclusive garantindo o mapeamento de todo o processo, com a manutenção de importante memória a nortear ações futuras. Nesse sentido, Helman e Andery (1995, p.25-26) afirmam que, “como o desenvolvimento da FMEA é formalmente documentado, permite padronizar procedimentos, fazer registro histórico de análise de falhas e selecionar e priorizar projetos de melhoria”. A FMEA, portanto, permite à empresa agrícola preservar e agregar o conhecimento dos processos ao seu patrimônio, sem depender das pessoas.

Ainda de acordo com Helman & Andery (1995, p.26), “na FMEA raciocina-se de baixo para cima”, em uma análise basicamente dedutiva, não necessitando de cálculos mais sofisticados, condição que auxilia no argumento de seu uso em propriedades rurais, uma vez que significativa parcela das pessoas que irão formar a Equipe FMEA, normalmente não possui alto grau de instrução.

Ao possibilitar determinação de causas prioritárias de controle em processos visando sua potencialização, a FMEA utiliza um princípio básico dos sistemas de cultivo agrícola, qual seja, o Princípio dos Fatores Limitativos ou Lei de Liebig, muito utilizado no âmbito agrícola para exemplificar a importância da otimização dos fatores produtivos. Este princípio, segundo Brady (1979, p.20), “pode ser assim enunciado: o nível de produção agrícola não pode ser maior do que o possibilitado pelo mais limitativo dos fatores essenciais ao crescimento vegetal”. Observando o processo de cultivo agrícola sob esta ótica, pode-se afirmar que, uma vez listadas as causas interferentes no processo produtivo, é necessário detectar quais apresentam-se como limitantes principais, portanto prioritárias de atenção. Este argumento, conforme pode facilmente ser notado, aproxima a abordagem da FMEA à abordagem agrícola.

2.2 A canola

A canola ou colza “doble zero” é uma planta da família das crucíferas, gênero das Brassicas, originária de uma seleção de cultivares de colza, possuindo em seus grãos teores de óleo que variam entre 40 e 46 %. Este óleo possui elevada qualidade alimentar, possuindo menor teor de gorduras saturadas, apenas 7 %, contra 12 % existente no óleo de girassol, além de apresentar teor mais elevado (11%) de ácido alfa-linoleico, um ácido graxo Omega-3 (TOMM, 2000, p.2). Os ácidos Omega-3, segundo Morris (2000B, p.2), apresentam a capacidade de reduzir os riscos de ataques cardíacos e infartos, sendo que o Departamento de Saúde do Canadá recomenda seu consumo em aproximadamente 1 grama diária por adultos. De acordo com Tomm (2000, P.2), “pesquisadores crêem que a vitamina E (alfatocoferol), a qual atua como antioxidante inativando os radicais livres, também tem papel importante na proteção contra enfermidades coronárias”. A canola possui vitamina E na proporção de 1,9 miligramas a cada 10 mililitros de óleo, suprimindo em média 1/5 da necessidade diária de um adulto (MORRIS, 2000A, p.2). Nesse sentido, Águila, Apfel & Lacerda (1997, p. 155) comprovaram que “ratos envelhecidos sob dieta com adição de óleo de canola mostraram alterações morfológicas do coração e metabólicas menos intensas que animais idosos e, principalmente, animais de mesma idade sob dieta hiperlipídica”. O outro produto derivado da canola, o farelo, segundo Younts (1982 apud DOMICIANO, 1996, p.1), apresenta alto teor de proteínas, “constituindo-se em excelente suplemento protéico na formulação de rações para bovinos, ovinos, suínos e aves”.

Tomm (2003, p.1) relata que a canola representa cultivares de colza nas quais o teor ácido erúico e glucosinolatos, substâncias indesejáveis à alimentação humana e animal, foi reduzido por melhoramento genético, e que estes teores se constituem em indicadores de classificação da mesma. Segundo Santos, Tomm & Baier (2001, p.3), o nível de ácido erúico no óleo abaixo de 2 % e menos de 30 micromoles de glucosinato por grama de farelo livre de óleo, conforme originalmente registrado pelo Canadian Council of Canola, são os padrões de classificação dos cultivares de colza como canola.

2.2.1 A origem da canola

A canola é uma planta resultante de diversos melhoramentos genéticos da colza, espécie vegetal com origem não muito clara. Acredita-se que tenha sido introduzida no Japão, através da China ou Península Coreana, há cerca de dois mil anos.

Utilizada como hortaliça no século VI, a colza foi utilizada pelas civilizações antigas da Ásia e do Mediterrâneo na forma de óleo em lamparinas e na fabricação de sabão durante o século XVI, tendo adquirido valor como óleo comestível no século XVII, a partir do desenvolvimento do costume japonês de utilizá-lo em fritura de comidas (DIAS, 1992, p.11).

Dias relata também que era cultivada na Europa desde o século XIII, embora só tenha adquirido expressão a partir do surgimento da máquina a vapor, quando passou a ser utilizada como óleo lubrificante, uma vez que apresentava como característica a melhor aderência “que qualquer outro óleo às superfícies metálicas expostas ao vapor e à água” (1992, p.11).

O óleo de colza atingiu significativa demanda durante a Segunda Guerra Mundial pela utilização na indústria naval, fato que suscitou a expansão de seu cultivo em países como o Canadá (CHACRA EXPERIMENTAL INTEGRADA BARROW, 1996, p.5), consequência da necessidade de atender às máquinas dos navios das Forças Aliadas durante a segunda guerra (DIAS, 1992, p.11).

Portanto, conforme Cardoso *et al* (1996, p.3), a cultura não foi amplamente utilizada por países ocidentais para extração de óleo e alimentação animal até esse período. Ainda segundo os mesmos autores, a primeira extração de óleo da canola para fins alimentares só ocorreu em 1956, representando um marco de início dessa indústria para o ocidente, com rápida expansão subsequente, chegando a ser o seu óleo o mais utilizado pelos consumidores canadenses.

Foi justamente no Canadá que a colza recebeu melhora em sua qualidade visando destinação ao consumo humano e animal, com diminuição dos índices de ácido erúico e glucosinolatos, respectivamente, gerando um produto de altíssima qualidade, suprimindo a exigência de mercado da maioria dos países consumidores de óleos vegetais, a ponto de hoje

existirem no mercado variedades totalmente livres de ácido erúico e glucosinolatos (CHACRA EXPERIMENTAL INTEGRADA BARROW, 1996, p.6).

Segundo o Chacra Experimental Integrada Barrow (1996, p. 5), no ano de 1996, o cultivo da colza já se destacava na produção mundial de óleos vegetais, sendo cultivada em aproximadamente 40 países, com produção de 34.724.000 toneladas e rendimento médio de 1.420 kg/ha.

2.2.2 A canola no Brasil

Objetivando gerar informações capazes de auxiliar na implementação da colza no Brasil, trabalhos de pesquisa envolvendo a cultura iniciaram em 1974, no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, estudando adaptação e seleção de novos cultivares (BARNI, 1980, p.3). A cultura foi semeada em 500 hectares, no ano de 1979, saltando para 20.000 hectares em 1981, ocorrendo drástica queda em 1982, quando foi cultivada em apenas 10 % da área do ano anterior, redução decorrente de falha de comercialização, pois o produto colhido em novembro e dezembro de 1981, que deveria receber imediata comercialização só a teve em maio e abril do ano seguinte, portanto pouco antes do novo cultivo (DIAS, 1992, p.8).

Em 1980, foi criado o Comitê da Colza, sendo implantada uma rede de pesquisa para essa oleaginosa (BARNI, 1980, p.2). Entre os anos de 1980 e 1986 foram testados vários germoplasmas da cultura em trabalhos de avaliação de cultivares por várias instituições de pesquisa (SANTOS, TOMM & BAIER, 2001, p.5) e, como eram de ciclo tardio, na maioria dos anos, completavam o ciclo (VIAU & CARBONERA, 1987, p.13) após a época preferencial de semeadura da soja (REUNIÃO, 1997, p.35).

Segundo Dias (1992, p.8), a partir de 1982, a área cultivada com colza manteve-se estável em aproximadamente 2.000 hectares por um período de 10 anos. De 1987 a 1990, foi desativada a maioria dos trabalhos de pesquisa com a cultura, ocorrendo, segundo Carraro & Balbino (1993 apud SANTOS, TOMM & BAIER, 2001, p.5), uma retomada no ano de 1991, com ativação de nova rede de pesquisa, visando somente avaliação de germoplasmas. De acordo com Santos, Tomm & Baier (2001, p.5), neste ano, ocorreu a introdução de híbridos de canola no Brasil, sendo a denominação canola liberada “para substituir a denominação ‘colza’ por todos os materiais criados fora do Canadá”. Ainda segundo os mesmos autores, no

Brasil, “numerosos germoplasmas anteriormente testados foram substituídos por novos materiais ou por germoplasmas resseleccionados”(p.5).

Pouco a pouco, a canola começou a ter sua área de cultivo aumentada, sendo que em 2000, chegou a atingir 18.900 hectares, com 10.900 hectares no Rio Grande do Sul e 8.000 hectares no Paraná (TOMM, 2000, p.1). Neste ano, realizou-se na Embrapa Trigo, Passo Fundo, a II Reunião Brasileira de Canola.

Na região Fronteira Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, a colza recebeu apoio e fomento da Cooperativa Tritícola Alto Uruguai Ltda, a partir do início da década de 1990, tendo o programa sido desativado no final deste período. Em 2000, durante a XIII Feira Nacional da Soja, FENASOJA, no município de Santa Rosa, RS, a empresa Camera Alimentos, lançou o Projeto Canola Camera 2000, comprometendo-se em financiar pacote tecnológico, prestar assistência técnica e adquirir a produção da cultura em sua área de atuação. Este fomento deu novo alento à cultura na Região, mas, ainda em 2000, a ocorrência de uma doença denominada canela preta, causada pelo fungo *Leptosphaeria maculans*, determinou novo retrocesso, acarretando diminuição significativa de área cultivada com canola em 2001 (TOMM, 2003, p.17). Os esforços da pesquisa possibilitaram a identificação de cultivares híbridos resistentes a essa doença (TOMM, 2003, p.8), fato que propiciou a retomada do crescimento, ainda que tímido, das áreas de cultivo. A estimativa de área cultivada com canola no Rio Grande do Sul no ano de 2004, segundo Tomm (2004, p.14), é de 10.000 hectares.

2.2.3 Caracterização botânica

A colza é uma planta herbácea anual, da família da crucíferas, gênero *Brassica*, parente próxima de várias hortaliças, tais como a couve, o repolho, a couve-flor, a mostarda e o brócoli.

A colza cultivada no mundo pertence a duas espécies, a *Brassica napus* L. e *Brassica campestris* L., as quais diferenciam-se por ser a primeira uma espécie altamente autofértil, amplamente autopolinável a campo e com 38 cromossomos, sendo que a segunda possui muitas variedades auto-estéreis e poucas completamente autoférteis e tem 20 cromossomos (DIAS, 1992, p.9). Segundo Tomm (2003, p.1), no Brasil é cultivada apenas a

canola de primavera, da espécie *Brassica napus* L. var. *oleifera*, desenvolvida por melhoramento genético convencional da colza.

A canola possui um talo ereto, glabro e de cor verde, podendo ser mais ou menos ramificado, dependendo do meio onde se desenvolve, podendo alcançar até 1,50 metro de altura. Possui uma raiz principal pivotante que pode se alongar por todo o perfil do solo e numerosas raízes secundárias.

A planta inicia seu crescimento com a produção de folhas lanceoladas, alargadas, de cor verde-azulada a verde-clara, formando uma roseta (CHACRA EXPERIMENTAL INTEGRADA BARROW, 1996, p.7). As folhas glabras costumam medir de 20 a 30 centímetros de comprimento e 10 a 15 centímetros de largura, sendo mais ou menos recortadas, com as superiores apresentando-se cordiformes (em forma de coração), abraçando o talo e as inferiores lobuladas e pecioladas (DIAS, 1992, p.10-11).

Após um período vegetativo lento, aparecem as gemas reprodutivas sobre o talo principal, que começa a se alongar. Neste estágio de desenvolvimento aparecem folhas novas e é possível se verificar ramificações secundárias em suas axilas.

Sua floração tem início na abertura da primeira flor e pode durar de 25 a 35 dias (CHACRA EXPERIMENTAL INTEGRADA BARROW, 1996, p.7). As flores têm coloração amarela intensa e, segundo Dias (1992, p.11), “são hermafroditas, agrupadas em ráculos terminais, constando de quatro sépalas e quatro pétalas dispostas em cruz, característica da família das crucíferas. Os órgãos reprodutores são formados de um pistilo e quatro estames longos (férteis) e dois curtos (estéreis)”. A floração ocorre no sentido da base para o ápice, com os botões florais da base desabrochando-se primeiro. Ocorre então a formação do fruto, denominado siliqua, o qual se apresenta como capsular seco, alongado e bivalvo, com, aproximadamente, 6 a 7 centímetros de comprimento e 3 a 4 milímetros de espessura, “cujas sementes aderem a duas rupturas longitudinais e opostas, separadas por um falso septo longitudinal” (DIAS, 1992, p11). Cada siliqua contém, aproximadamente, 18 sementes, as quais são ligeiramente ovóides, com 1 a 2 milímetros de diâmetro. Inicialmente, estes grãos apresentam coloração verde-clara, evoluindo para amarela, castanho-escuro e preto, conforme o grau de maturação atingido.

As sementes da canola são formadas por um embrião, com dois cotilédones bastante desenvolvidos e contêm, segundo Tomm (2003, p.1), de 40 a 45 % de óleo, com seu farelo contendo de 34 a 38 % de proteína, residindo, segundo Dias (1992, p.11), “nos elevados teores destas duas substâncias sua importância econômica”.

De acordo com o Chacra Experimental Integrada Barrow (1996, p.7), os estádios de desenvolvimento da cultura devem ser definidos em acordo com a classificação européia, conforme apresentado no Quadro 3.

QUADRO 3: Estádios vegetativos e reprodutivos da colza

Classificação	Denominação	Descrição
A	Cotiledonar	Cotilédones visíveis
B1	Plântula	1 folha verdadeira desenvolvida
B2	Plântula	2 folhas verdadeiras desenvolvidas
B3 a Bn	Roseta	Até 6 folhas verdadeiras desenvolvidas
C1		Aparecimento de folhas jovens
C2	Elongação	Entrenós visíveis. Vestígios de ramificação principal
D1		Inflorescência visível
D2		Botão coberto. Inflorescências secundárias visíveis
E		Botão separado
F1	Floração	Primeiras flores abertas
F2		Alargamento flora. Numerosas flores abertas
G1		Queda de pétalas. Dez primeiras síliquas com 2 cm
G2	Maturação	Síliquas com 4 cm
G3		Síliquas com mais de 4 cm
G4		Escurecimento dos grãos
G5		Escurecimento dos grãos

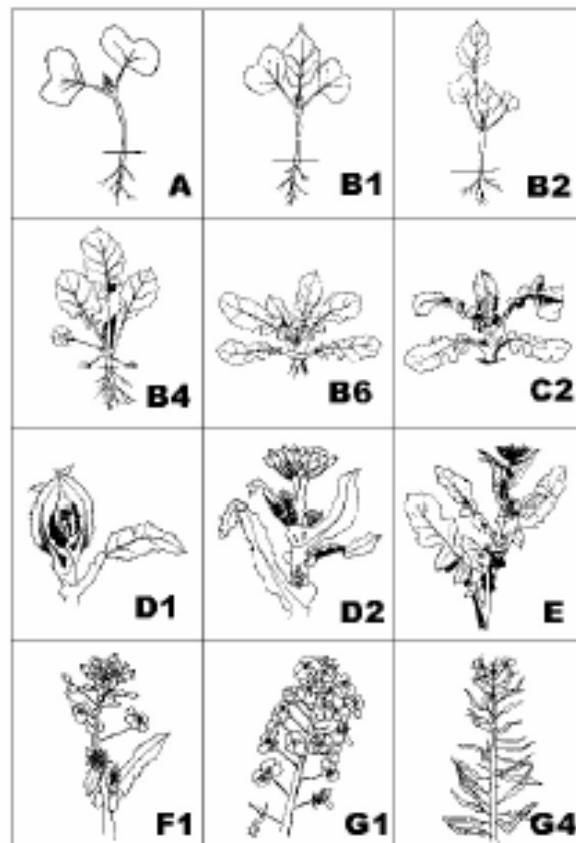
Fonte: INRA-CETIOM *apud* CHACRA EXPERIMENTAL INTEGRADA BARROW (1996, p.7)

Os estádios de desenvolvimento da canola apresentados no Quadro 3 podem ser visualizados na Figura 3.

2.2.4 Os usos da canola

A canola, conforme já citado no item 2.1.3, apresenta importância econômica devido ao alto teor de óleo que apresenta no grão e de proteína no farelo.

Segundo Dias (1992, p.13), a característica qualitativa de um óleo vegetal é determinada pela composição de seus ácidos graxos, sendo alguns deles essenciais sob o ponto de vista dietético, com outros apresentando problemas para a alimentação animal.



Fonte: INRA-CETIOM apud CHACRA EXPERIMENTAL INTEGRADA BARROW (1996, p.7)

FIGURA 3 - Estádios vegetativos e reprodutivos da colza

Quanto aos ácidos graxos essenciais, o óleo de canola apresenta baixo teor, 3 %, de ácido palmítico (ácido saturado, responsável por uma gordura firme, essencial para a produção de margarinas) em relação aos ácidos totais, se comparado aos óleos de oliva e de soja, com respectivamente 7 a 15 % e 11,5 a 12 %. Já o teor de ácido oléico no conjunto de ácidos, 57 %, é maior que no óleo de soja, 21 a 34 %, tendo menor concentração que no óleo de oliva, 68 a 89 %. Outro importante ácido graxo essencial, o linoleico (ácido insaturado, dieteticamente essencial, indispensável ao crescimento de pessoas e animais e não produzido pelo organismo), aparece na canola com teor de 26 %, superior à presença em óleo de oliva, 4 a 12 %, e menor que em óleo de soja, 49 a 59 %. Além destes ácidos, a canola apresenta bom

teor, 11%, de ácido linolênico (ácido polinsaturado que, apesar de ser precursor de substância reguladora da agregabilidade das plaquetas sanguíneas, é muito suscetível à rancificação), o qual aparece com baixos teores nos óleos de soja e oliva, principalmente neste último.

No que diz respeito aos ácidos graxos problemáticos à alimentação, o principal deles, o ácido erúico, teve seus teores diminuídos na canola por ação de melhoramento genético, estando praticamente ausente nos cultivares hoje utilizados na produção, deixando, portanto, de ser uma preocupação. Este melhoramento, associado ao fato do óleo de canola apresentar teor de 11 % de ácido alfa-linoleico (ácido graxo Omega-3), gerou aumento em sua demanda, chegando ocupar, aproximadamente, 20 % do mercado de óleos nos Estados Unidos, no final da década passada (TOMM, 2000, p.2).

O óleo de canola é utilizado na alimentação humana de forma *in natura*, em saladas, para realização de frituras em geral, fabrico de margarinas e para realização de cortes em outros óleos (DIAS, 1992, p. 16). Segundo Bell (1976 *apud* DIAS, 1992, p.16), “a hidrogenação do óleo de colza dá-se nas mesmas condições que o óleo de soja e o coeficiente de digestibilidade, para o homem, está situado em 80 a 98 %”.

Em função de apresentar alto teor de ácido erúico, que lhe fornece a característica de boa aderência a metais, o óleo de colza há muito tem sido usado como lubrificante de máquinas a vapor e motores de alta rotação. Na siderurgia, segundo Dias (1992, p.17), “é o óleo mais indicado na preparação de lâminas de aço, permitindo obter um produto final de melhor qualidade”. O emprego de óleos vegetais em substituição direta ao óleo diesel já foi testado em muitos países, tendo o óleo de colza se destacado neste emprego. Com aumento dos preços do petróleo, volta-se a discutir e pesquisar a viabilidade do emprego do biodiesel, principalmente em máquinas agrícolas, sendo que a canola tem se constituído em uma das espécies vegetais alvo destes estudos, podendo, no futuro, ter ampliada a utilização de seu óleo.

De acordo com Dias (1992, p.19), embora rica em componentes como os lipídios, proteína e carboidratos, o uso do farelo de colza na alimentação de animais sempre esteve condicionado à presença de glucosinolato em concentrações superiores a 15 micromoles por grama, fator gerador de redução no crescimento dos animais e de efeito negativo na reprodução. O desenvolvimento dos cultivares denominados “doble zero” equacionou esta

limitação. Desta forma, o farelo de canola, que contém entre 34 e 38 % de proteínas (TOMM, 2003, p.1) e 12 a 20 % de fibras (DIAS, 1992, p.19), passou a constituir-se em alternativa atrativa e viável para a alimentação animal.

Cabe salientar que a canola pode ter como derivados a torta e o farelo, sendo estes diferenciados conforme a extração do óleo, pois, enquanto na primeira ele é extraído pela prensagem dos grãos, o segundo resulta da extração do óleo por solventes.

Dias (1992, p.20) escreve que trabalhos realizados no Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves, CNPSA/EMBRAPA, Concórdia, Santa Catarina, utilizando mistura de farelo de colza em substituição à proteína de soja na ração para suínos e aves, em diferentes proporções, apontou a viabilidade de substituição em percentual de até 25 %, sem afetar o desenvolvimento dos animais em relação à conversão alimentar, capacidade de ganho de peso e qualidade da carcaça.

Dias (1992, p.13) cita também o uso da colza em adubação verde, forragem e pastagem melífera. As duas primeiras utilizações ficam comprometidas, haja vista existência de culturas vegetais com idêntico emprego e incomensuráveis vantagens. No entanto, o potencial melífero apresentado pela cultura é extremamente significativo, principalmente na Região Fronteira Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, tanto pela grande florada que apresenta, o tempo em que assim permanece (25 a 35 dias) e a época do ano em que ocorre (meses de julho, agosto e setembro), quanto pelo período de deficiência floral no ambiente, o que pode ser facilmente notado pela impressionante presença de abelhas nas áreas de cultivo.

2.2.5 Os subprocessos de cultivo da canola

Paladini (1990, p.128) define processo como sendo “qualquer conjunto de condições, circunstâncias, causas ou elementos que, atuando em conjuntos, geram determinado resultado”. Assim sendo, um processo de cultivo agrícola de grãos pode ser entendido como um conjunto de condições ou ações, sistematicamente articuladas, que inicia com a escolha da área de cultivo, estendendo-se até colheita, visando como resultado final os rendimentos expressos em quilograma por hectare. Ocorrendo condições e ações sistematicamente articuladas, é possível dividi-lo, para fins de estudo, em etapas que podem ser denominadas subprocessos.

Os indicadores técnicos de cultivo das principais culturas do sul do país recorrem a diferentes estruturas para discorrer sobre as técnicas preconizadas. Assim, a Reunião da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo (2004, p. 7-9) divide as etapas de cultivo em manejo e conservação do solo, indicações de calagem e adubação, indicação de cultivares, semeadura, controle de plantas daninhas, redutores de crescimento, controle de doenças, controle de pragas e colheita e pós-colheita de grão. Por sua vez, a Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul (2003, p.4) estruturou as indicações técnicas em manejo e conservação de solo, adubação e calagem, cultivares, manejo da cultura, sistema de produção de grãos, manejo integrado de plantas daninhas, manejo integrado de doenças, manejo integrado de pragas – MIP e colheita.

Na busca de estruturar o processo de cultivo da canola em subprocessos que atendam aos objetivos do presente trabalho, foram consideradas as estruturas citadas, porém com algumas adaptações, não respeitando obrigatoriamente sua seqüência cronológica. Desta forma, o primeiro subprocesso listado no presente estudo é a escolha da área e insumos para a semeadura. Para tanto, são consideradas as condições de solo para instalação da cultura (topografia, profundidade, fertilidade, rotação de culturas), a tecnologia da cultura (insumos necessários ao seu bom desempenho) e disponibilidade destes insumos no mercado.

O segundo subprocesso arrolado é a sistematização da área de cultivo, o qual está focado no sistema de controle da erosão, no manejo das plantas invasoras e insetos (sobretudo formigas) e dimensionamento de máquinas e equipamentos para tanto.

A semeadura constitui o terceiro subprocesso listado, sendo que, nele, são consideradas as condições de solo por ocasião da operação e a uniforme distribuição de fertilizantes e sementes efetuadas por semeadura tracionada mecanicamente, dimensionada conforme os requisitos da cultura.

O quarto subprocesso considerado refere-se aos tratos culturais, os quais representam todas as operações efetuadas na cultura entre a semeadura e a colheita. Desta forma, nos tratos culturais estão englobadas as atividades de controle de plantas daninhas, de insetos-praga e de doenças, a aplicação de fertilizante nitrogenado em cobertura, além da possível necessidade de dessecação da cultura para favorecer a colheita.

Finalizando o processo de cultivo, foi delineada a colheita como o quinto subprocesso, sendo que nele está analisado o ponto ideal de colheita e a correta regulagem da colheitadeira automotriz. Os subprocessos de cultivo de canola podem ser representados esquematicamente conforme demonstrado na Figura 4.

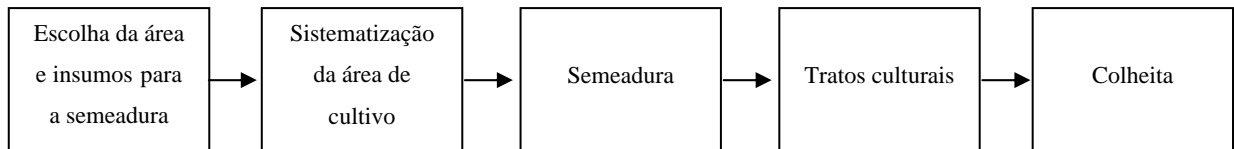


FIGURA 4 - Subprocessos do cultivo da canola

2.2.6 As perspectivas da cultura no sul do Brasil

Conforme já explicitado nos itens 2.1 e 2.1.1, o desenvolvimento da colza “doble zero” pela pesquisa, efetuada com a diminuição dos teores de ácido erúxico e do glucosinolato em seus grãos, apresentou novo alento à cultura, uma vez que propiciou sua inclusão na dieta humana, com a vantagem de atuar preventivamente contra as doenças coronárias.

Observando o cenário agrícola do Estado do Rio Grande do Sul, sobretudo de sua Região Fronteira Noroeste, vários são os aspectos que apontam a viabilização da cultura para cultivo em larga escala.

2.2.6.1 Aspectos econômicos e sociais

Embora contando com significativa vantagem qualitativa em relação a outros óleos vegetais, o óleo de canola ocupa, segundo explanação oral do Sr. Emílio Figer, da Empresa Camera Alimentos, na II Reunião Brasileira de Canola (realizada em 2000, na Embrapa Trigo, Passo Fundo), apenas 0,5 % do mercado brasileiro de óleos vegetais, contra 20 % nos EUA (TOMM, 2000, p.2). A fatia de mercado ocupada pelo óleo de canola é muito pequena, sobretudo se comparada aos 10 % ocupados pelo óleo de girassol que, além de apresentar qualidade alimentar inferior, é disponibilizado aos consumidores basicamente mediante importação.

Em que pese esta restrição de mercado, empresas da região Fronteira Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, sobretudo a Camera Alimentos, têm honrado o compromisso de adquirir toda a produção, realidade que tem se verificado nos últimos três anos. Importante se faz salientar que a Camera Alimentos opera com o produto em ações que vão desde o fornecimento de insumos em sistema troca-troca até a industrialização do óleo, passando pela garantia de compra do excedente da produção.

Nos anos de 2001 e 2002, a Camera Alimentos garantiu a comercialização dos grãos de canola a US\$ 10,00 a saca de sessenta quilos, utilizando como referência de valor o dólar ao preço do dia da operação de venda. Em 2003, a Empresa ofereceu a opção de preço pré-fixado no momento da aquisição dos insumos, a R\$ 35,00 a saca de sessenta quilos, para pagamento por ocasião da entrega do produto. Muitos produtores fizeram esta opção, principalmente para garantir o montante necessário à amortização do débito referente aos insumos adquiridos na Empresa, uma vez que, a partir da assinatura do contrato, o débito podia ser transformado em sacas do produto, sem incidência de juros. Como na época da colheita o preço oscilou ao redor dos R\$ 46,00, ocorreu significativo desgaste na relação da Empresa com seus fornecedores do produto. Este fato acarretou mudanças na política de comercialização para a safra de 2004, e a comercialização deverá ser efetuada ao preço do dia, segundo parâmetros do mercado.

Embora tenham ocorrido algumas variações na política de comercialização da canola, seu preço de mercado tem se mantido alto e estável, principalmente se comparado ao do trigo, que, no ano de 2003, oscilou em torno dos R\$ 21,00 a saca de sessenta quilos. Desta forma, é possível concluir que, no que diz respeito à Região Fronteira Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, o mercado tem se constituído em fator importantíssimo a considerar na viabilização da cultura.

A cultura, nos últimos anos, tem se mostrado mais rentável que o trigo, embora passível de ser cultivada conjuntamente a esse, ambas potencializando-se sinergicamente. Conforme o exposto, é possível prever um aumento significativo de área cultivada com canola nas terras que ficam em “pousio” durante o inverno na região considerada, acarretando aumento de ocupação da mão-de-obra, maior utilização da maquinaria, do uso do solo e, sobretudo, da renda da propriedade rural.

2.2.6.2 Aspectos técnicos

A canola teve sua área de cultivo diminuída no Brasil e no Rio Grande do Sul nos últimos anos, fato ocorrido devido à pequena geração de tecnologias de produção adaptadas às condições edafo-climáticas da Região Sul do Brasil, gargalo de produção que a pesquisa tem conseguido suplantado, conforme demonstram experimentos que apontam satisfatória adaptação de híbridos importados ¹, seja por apresentarem maior potencial produtivo, seja por apresentarem resistência à principal moléstia da cultura, a canela preta, *Leptosphaeria maculans*. Outra questão decisiva na derrocada da cultura tem sido seu manejo inadequado por parte dos produtores rurais, falha eminentemente de tecnologia de processo, passível de correção a partir de inclusão de ferramentas da qualidade no processo produtivo.

Ainda em referência à viabilização técnica do cultivo da canola, há de se salientar que, embora ela deva ser cultivada numa determinada área de quatro em quatro anos e apresente certa alelopatia ao cultivo sucedâneo de soja, segundo Santos *et alii* (1990, P.1630) e Tomm (2002, p.2), pesquisas têm demonstrado aumento de rendimento do trigo em cultivo rotacionado, bem como de milho em sua sucessão.

O cultivo da canola é recomendado apenas de três em três anos em uma mesma área (TOMM, 2003, p.3), o que a possibilita complementar um sistema de rotação de culturas com trigo, uma vez que não se recomenda novo cultivo dessa gramínea em determinada área antes de três anos após sua colheita.

Nesse particular, a possibilidade de a canola vir a participar com sucesso de um sistema de rotação de culturas envolvendo além do trigo, a soja e o milho, demonstra, em uma primeira análise, alta probabilidade, uma vez que, sendo ela de família diferente, pode auxiliar na supressão de ervas daninhas das demais culturas (especialmente gramíneas) bem como na diminuição de fonte de inóculo de patógenos tradicionalmente presentes na cultura do trigo (o que tende a acarretar diminuição no uso dos produtos químicos usados no controle destes patógenos).

¹ Observações efetuadas por Tomm, Garrafa, Benedetti e Guzza, em experimentos de competição de cultivares de canola, realizados na Área Experimental da SETREM nos anos de 2002 a 2004.

Conforme o exposto, praticamente todos os gargalos de produção da cultura, sob o prisma técnico, têm sido suplantados pela pesquisa, indicando perspectivas de aumento da área cultivada nos próximos anos.

2.2.6.3 Aspectos ambientais

A canola é uma cultura já adaptada ao ambiente da Região Fronteira Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, no entanto, para analisar os impactos ambientais possíveis de ocorrer em função de um significativo aumento de área cultivada, se faz necessário traçar um paralelo com o trigo, cultivo de inverno mais significativo em área na Região.

Comparativamente ao trigo, a canola apresenta grande vantagem no que diz respeito ao uso de venenos agrícolas, uma vez que o problema fitossanitário mais sério que tem enfrentado nas condições regionais é o ataque da traça das crucíferas (*Plutella xylostella*), ainda assim com a ressalva de que esta tende a ocorrer somente em condições de estiagem. Quanto a doenças, o problema causado pela canela preta (*Leptosphaeria maculans*) não é passível de controle químico e já estão no mercado híbridos a ela resistentes. Já o trigo, além da necessidade de tratamento químico com fungicida na semente para manutenção de alto potencial produtivo, normalmente recebe de um a dois tratamento fúngicos na parte aérea. Eventualmente, da mesma forma que a canola, pode necessitar de controle químico de pragas, sejam lagartas, sejam pulgões.

Portanto, sendo real a possibilidade de aumento de área cultivada com canola, se faz necessário que este aumento ocorra de forma sustentável, em consonância com as expectativas de uma sociedade cada vez mais exigente e racional. Para tanto, é fundamental que seja dimensionada a capacidade de expansão da cultura, sobretudo considerando os aspectos ambientais, econômicos e sociais, que certamente sofrerão impactos a partir deste novo cenário agrícola em formação.

Assim, tanto os aspectos econômicos, sociais, técnicos e ambientais apontam para a perspectiva de aumento de área cultivada com a cultura nos próximos anos. No entanto, para que isso ocorra de forma definitiva, é necessário que os produtores utilizem as tecnologias preconizadas de forma correta e conseqüente, o que só será possível se adotadas ações

preventivas no processo de cultivo que venham a evitar baixos rendimentos por causas que não atidas ao clima, além de potencializar os fatores de produção.

CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA

Para realização de uma pesquisa, devem estar bem definidas as estratégias metodológicas que serão adotadas em sua condução, bem como as justificativas para seu uso (LIMA, 2004, p.19). A identificação e a justificativa dos tipos de pesquisa utilizados no presente trabalho, quanto à abordagem, aos procedimentos e correspondentes técnicas mobilizadas na coleta de dados, além dos tratamentos e das análises efetuadas, é o assunto deste capítulo.

Primeiramente, se faz necessário salientar que a aplicação da Análise de Modo e Efeito de Falha Potencial, FMEA, na otimização dos fatores de produção da cultura da canola, teve início com a constituição da equipe FMEA e o subsequente estudo desta a respeito do processo de cultivo da espécie considerada, gerando a estruturação da FMEA de subprocessos da cultura e eleição de causas prioritárias de controle preventivo visando à otimização de rendimento a campo. Posteriormente, foram estabelecidas a campo duas áreas de cultivo, uma com aplicação da FMEA e outra sem. Em cada uma delas, foram coletadas amostras, objetivando efetuar comparações estatísticas a fim de comprovar se a aplicação da FMEA gerou resultado positivo ou não.

3.1 Métodos de abordagem

O método, segundo Oliveira (1999, p.57), “deriva da Metodologia e trata do conjunto de processos pelos quais se torna possível conhecer uma determinada realidade, produzir determinado objeto ou desenvolver certos procedimentos ou comportamentos”. O método de abordagem, de acordo com Lakatos & Marconi (2001, p.106), é assim denominado por caracterizar “uma abordagem mais ampla, em nível de abstração mais elevado, dos fenômenos da natureza e da sociedade”.

Diversas são as abordagens que podem ser utilizadas em pesquisas. Segundo Lakatos & Marconi (2003, p.106), o método dedutivo “parte das teorias e leis, na maioria das

vezes predizendo a ocorrência dos fenômenos particulares”. As autoras também definem o método indutivo como sendo aquele “cuja aproximação dos fenômenos caminha geralmente para planos cada vez mais abrangentes, indo das constatações mais particulares às leis e teorias” (2003, p.106). No presente estudo foram utilizadas as abordagens dedutiva e indutiva. O método dedutivo foi aplicado na utilização de conexões descendentes para análises, seja na particularização da aplicação da FMEA no processo de cultivo da canola, no estudo das potenciais causas geradoras de falhas nesse processo, na eleição das causas prioritárias de controle destas falhas e estruturação das respectivas ações de prevenção. Também foi utilizada a abordagem dedutiva por ocasião da aplicação da estatística descritiva aos dados coletados na pesquisa laboratorial. De acordo com Lima (2004, p.73), a “estatística descritiva compreende a organização, o resumo e a descrição dos dados coletados”. O método indutivo foi aplicado no tratamento estatístico dos dados aferidos na pesquisa de laboratório, por ocasião da aplicação da estatística indutiva, a qual, segundo Lima (2004, p. 73), “pressupõe a análise de dados coletados a partir de uma amostra que permita ao pesquisador extrapolar os resultados obtidos para a população”.

Expressando a abordagem sob a ótica de outra corrente metodológica, Lima (2004, p.25) afirma que, para se ter compreensão a respeito dos tipos de pesquisa, das técnicas de coleta de materiais e dos métodos de tratamento e análise dos materiais reunidos, a fim de embasar investigação sistematizada, é indispensável que se perceba “os aspectos que caracterizam as vertentes metodológicas de natureza quantitativa e qualitativa, uma vez que, dependendo desta escolha, os recursos técnicos e os procedimentos metodológicos, tendem a variar”.

Para analisar a aplicação da FMEA na otimização dos fatores de produção da cultura da canola, foram utilizadas ambas as vertentes, qualitativa e quantitativa. Os qualitativistas, de acordo com Lima (2004, p.30), resumem os méritos da abordagem qualitativa em cinco pontos principais, sendo que, para justificar sua aplicação neste trabalho, é possível identificar prioritariamente dois deles. O primeiro ponto parte do princípio de que a “credibilidade das conclusões alcançadas é reflexo das multiperspectivas resultantes das diferentes fontes de consulta exploradas pelo método qualitativo. Isso pressupõe um olhar profundo e prolongado da realidade investigada” (LIMA, 2004, p.30). O segundo ponto, ainda na visão da mesma autora, aponta que “a quantidade de tempo envolvida no processo de

investigação somada à multiplicidade de fontes de evidências figuram como fatores que dificultam o pesquisador manter pré-conceitos frente ao objeto da investigação” (2004, p.30).

Na estruturação da FMEA aplicada ao cultivo da canola, foi constituída a Equipe FMEA, incluindo tanto o investigador e os clientes do processo produtivo estudado, como os envolvidos em sua execução. Esta equipe, partindo de conhecimentos teóricos e práticos, estruturou a FMEA, priorizou ações preventivas a serem adotadas e efetuou o plano de ação respectivo. Desta forma, as análises ocorreram sob a ótica de variadas perspectivas, haja vista a multiplicidade das fontes, aumentando a credibilidade das conclusões alcançadas, caracterizando a abordagem qualitativa. Portanto, a abordagem qualitativa foi acionada na busca dos objetivos da pesquisa que projetam a identificação das potenciais causas geradoras de redução na produtividade da cultura da canola e a estruturação de plano de ações preventivas para controle das causas prioritárias detectadas.

Para justificar a utilização da visão metodológica quantitativa, diversos argumentos são usados, entre os quais pode-se salientar a objetividade e o rigor nele reconhecidos, a existência e o uso de mecanismos de controle durante o processo investigatório e a representatividade estatística da população investigada, o que amplia a credibilidade das conclusões alcançadas (LIMA, 2004, p.26). Desta forma, a sistemática utilizada para priorização das ações preventivas de controle no cultivo da canola e as análises estatísticas efetuadas na pesquisa de laboratório garantem a objetividade e o rigor inerentes ao método e, juntamente com a determinação estatística das amostras das áreas de cultivo, representam o controle do processo investigatório.

A abordagem quantitativa foi utilizada nesta pesquisa para consecução dos objetivos que visam à determinação das causas prioritárias de potenciais falhas no processo produtivo da canola, a comparação dos campos de cultivo com e sem aplicação da FMEA e a análise estatística dos resultados aferidos.

3.2 Métodos de procedimento e técnicas

Lakatos & Marconi (2001, p.106) definem os métodos de procedimento como “etapas mais concretas da investigação, com finalidade mais restrita em termos de explicação geral dos fenômenos menos abstratos. Pressupõem uma atitude concreta em relação ao

fenômeno e estão limitadas a um domínio particular”. Ainda quanto aos métodos de procedimento, Lakatos & Marconi (1983, p.79) alegam que é até possível dizer que os mesmos constituem-se “técnicas que, pelo uso mais abrangente, se erigiram em métodos”. As mesmas autoras afirmam que “geralmente, em uma pesquisa, ao lado do método de procedimento estatístico, utiliza-se outro ou outros, que devem ser assinalados” (2001, p.106). Neste estudo, além do procedimento estatístico, também foi acionado o procedimento de estudo descritivo.

3.2.1 O estudo descritivo

Ao relacionar e explicar as metodologias da pesquisa em seu Tratado de Metodologia Científica, Oliveira (1999, p.114) relaciona o estudo descritivo, o qual, segundo o autor, “possibilita o desenvolvimento de um nível de análise em que se permite identificar as diferentes formas dos fenômenos, sua ordenação e classificação”. Em continuação, o mesmo autor ensina que os estudos descritivos facilitam a explicação das relações de causa e efeito dos fenômenos, permitindo ao pesquisador a obtenção de uma melhor compreensão do comportamento de diversos fatores e elementos que os influenciam (1999, p.114). Outro aspecto interessante do estudo descritivo, salientado por Oliveira (1999, p.115), é o fato de que o primeiro passo a ser dado em sua aplicação é a identificação das variáveis específicas, entendendo-se por variáveis “tudo aquilo que apresenta diferenças, alterações, inconstância, que pareçam ser importantes para justificar ou explicar complexas características de um problema de comportamento”.

O estudo descritivo constitui-se no primeiro procedimento do presente estudo, tendo sido aplicado pela Equipe FMEA na estruturação da FMEA da canola. A equipe FMEA relacionou, com base em referencial bibliográfico e experiência prática de seus membros, auxiliada pelo diagrama de causa e efeito, diversas variáveis capazes de afetar o rendimento da cultura. As variáveis relacionadas embasaram a estruturação da FMEA quanto aos requisitos do processo de cultivo, seus modos potenciais de falha, os efeitos destes modos e respectivas severidades, além das causas dos modos de falha, ocorrência e detecção dos modos e os seus controles atuais. Após a priorização dos modos potenciais de falha a serem preventivamente controlados, foi efetuado, também pela Equipe FMEA, um plano de ação para tanto, com auxílio da ferramenta da qualidade 5 W 1 H.

O sucesso da aplicação dos métodos de procedimento é uma variável profundamente dependente da adequação das técnicas a serem utilizadas. Lakatos & Marconi (2001, p.107) ensinam que técnicas são “um conjunto de preceitos ou processos de que se serve uma ciência; são, também, a habilidade para usar esses preceitos ou normas, na obtenção de seus propósitos”, correspondendo, portanto, “à parte prática de coleta de dados”.

Para a consecução do estudo descritivo, primeiramente foi utilizada a técnica de documentação indireta denominada pesquisa bibliográfica e, segundo Lima (2004, p.39), “pesquisar no campo bibliográfico é procurar no âmbito dos livros e documentos escritos as informações necessárias para progredir na investigação de um tema de real interesse do pesquisador”. Esta técnica foi utilizada pela Equipe FMEA para estruturar a FMEA do processo produtivo da canola. A dinâmica de funcionamento da Equipe requereu também, nesta fase do trabalho, a utilização da técnica de observação direta intensiva denominada entrevista, a qual, de acordo com Lakatos & Marconi (2001, p. 107) “é uma conversação efetuada face a face, de maneira metódica”. As entrevistas utilizadas foram do tipo não-estruturadas, as quais, segundo Lima (2004, p.95), visam “expor amplamente uma questão sem necessariamente impor limites e direção à comunicação estabelecida entre o pesquisador e o contato”. A sistemática utilizada nas entrevistas não-estruturadas faz com que estas recebam a denominação de focalizadas (LIMA, 2004, p.95), e costumam ser empregadas, de acordo com Gil (1991, p.16), “em situações experimentais, com o objetivo de explorar a fundo alguma experiência vivida em condições precisas”. A entrevista focalizada, foi utilizada também na estruturação do plano de ação preventiva aos modos de falha considerados prioritários de controle.

3.2.2 O método estatístico

De acordo com Lakatos & Marconi (1983, p.81) “o método estatístico significa a redução de fenômenos ... a termos quantitativos e a manipulação estatística, que permite comprovar as relações dos fenômenos entre si, e obter generalizações sobre sua natureza, ocorrência ou significado”. Estas autoras afirmam também que “a estatística pode ser considerada mais do que apenas um meio de descrição racional; é, também, um método de experimentação e prova, pois é método de análise” (1983, p.82).

O método estatístico foi utilizado na presente pesquisa, primeiramente, através da aplicação da modelagem gráfica, na priorização de modos potenciais de falha a serem preventivamente controlados. Também foi utilizado no tratamento dos dados aferidos em pesquisa laboratorial, visando à comparação de resultados. Ambos os casos caracterizam a técnica de documentação direta extensiva denominada por Lakatos & Marconi (2001, p.107) de teste, a qual, segundo as autoras, utiliza instrumentos “com a finalidade de obter dados que permitam medir o rendimento, a frequência, a capacidade ou a conduta de indivíduos, de forma quantitativa”.

Na visão de Lima (2004, p.117) a pesquisa de laboratório “descreve e explica fenômenos que ocorrem em situações controladas”. Desta forma, ocorre a pressuposição de que o pesquisador interfere na realidade, manipulando diretamente as variáveis definidas no planejamento da pesquisa. A autora também afirma que o pesquisador deverá, para tanto, necessariamente, utilizar a experimentação, constituindo-se a coleta de dados em observação sistematizada (2004, p.117), uma técnica de observação direta intensiva (LAKATOS & MARCONI, 2001, p.107).

Com o intuito de se verificar a relação da aplicação da FMEA com a melhora no rendimento da cultura da canola, após a elaboração do plano de ação preventiva às causas prioritárias de risco levantadas, foi efetuada pesquisa laboratorial. Para tanto, foram estabelecidas duas áreas de cultivo, denominadas de processo com e sem aplicação da FMEA, com cinco hectares cada, objetivando coleta de dados a partir da observação sistematizada com uso de amostragem.

Em cada um dos cultivos foram efetuadas medições para levantamento de dados, sendo utilizada a metodologia da maior amostra, ou seja, mais de 30 amostras para cada processo (TRIOLA, 1999, p.143). No presente estudo, foram utilizadas 32 amostras no processo com aplicação da FMEA e 32 amostras no processo sem aplicação desta ferramenta. A realização das amostragens foi efetuada através de amostragem aleatória simples (MATTAR, 1996, p.136), utilizando-se como critério o caminhamento em zigue-zague nas áreas, estabelecendo as amostras, com um metro linear, a cada 25 passos. Os dados aferidos a campo têm a finalidade de permitir comparação quantitativa entre os cultivos com e sem aplicação da FMEA. Para tanto, foram levantadas as seguintes informações: o número de

plantas estabelecidas a campo, o espaçamento entre estas plantas, o número de síliquas por planta e o rendimento da cultura.

Os dados coletados na pesquisa de laboratório receberam tratamento estatístico descritivo e indutivo. A estatística descritiva foi acionada no cálculo das médias, desvio padrão, valores máximos e mínimos, estabelecimento da distribuição das frequências e construção dos histogramas. A estatística indutiva foi utilizada para a comprovação dos resultados obtidos, através da aplicação da Anova, um método muito utilizado para identificar diferenças entre as médias populacionais, devido a várias causas, atuando simultaneamente sobre os elementos da população.

CAPÍTULO 4 - APLICAÇÃO DA FMEA NO CULTIVO DA CANOLA

Para discorrer sobre a aplicação da FMEA no cultivo da canola, primeiramente estão apresentados os componentes básicos do método, conforme sua aplicação no alvo do estudo. Em seqüência, está demonstrada a estruturação da ferramenta nos cinco subprocessos da cultura, bem como os resultados da priorização de causas potenciais de falha e o plano de ações preventivas para eliminação ou diminuição de seus impactos no rendimento da canola.

4.1 Planejamento da FMEA

A primeira ação na aplicação de uma FMEA deve ser o seu planejamento e este, deve contemplar, inicialmente, a formação da equipe que irá operá-la. A Equipe FMEA, no ambiente da pesquisa relativa a este trabalho, está composta por engenheiro agrônomo, responsável técnico do empreendimento, o qual também atua como coordenador do grupo, pelo operador das máquinas, o assistente de operação, um técnico em agropecuária (auxiliar no acompanhamento técnico do processo), outro técnico em agropecuária (representante de empresa fornecedora de insumos e compradora da produção), mais o proprietário de uma empresa de comercialização de grãos. É importante ressaltar que fornecedor e cliente estão agrupados, em determinado momento, na mesma pessoa jurídica, Camera Alimentos, pois a Empresa atua como fomentadora da produção de canola, desde o fornecimento de insumos até a compra da produção.

Quanto à abordagem a ser utilizada na FMEA da canola, no âmbito do planejamento, foi usada a *bottom-up*, partindo dos subprocessos para os seus componentes individuais, aplicação mobilizada na estruturação do diagrama de causa e efeito. Subseqüentemente, foi aplicada a mesma abordagem na análise das atividades individuais dos processos, partindo-se dos requisitos dos mesmos até as causas de seus potenciais modos de falha, sempre dentro dos subprocessos estudados. Portanto, não foram desenvolvidas FMEAs dos componentes dos subprocessos.

Nesta fase também foi definida a dinâmica do processo quanto à classificação da severidade dos efeitos de falha, a frequência da ocorrência dos modos de falha e da detecção de suas causas, tendo sido optado pelo uso do consenso.

4.2 Cabeçalho da FMEA

O cabeçalho da FMEA tem a função de permitir precisa identificação acerca do que ela trata. No presente estudo, o cabeçalho, adaptado segundo componentes apresentados no item 2.1.2.2, explicita as seguintes informações:

- Número da FMEA: numeração dos subprocessos, de acordo com a seqüência cronológica das operações.

- Item: denominação do subprocesso em estudo.

- Responsável pelo processo: aspecto desconsiderado, em função da natureza desta FMEA.

- Dados de identificação: preparado por (nome, endereço eletrônico e empresa do engenheiro agrônomo responsável pela FMEA).

- Ano/modelo (s)/programa: cultura em estudo.

- Data chave: em acordo com a necessidade de planejamento da cultura da canola, o prazo limite deverá ser a colheita da espécie cultivada no inverno anterior.

- Data da FMEA: a FMEA foi inicialmente compilada em julho de 2003 e recebeu sua última revisão em abril de 2004.

- Equipe: listagem com os nomes dos envolvidos no processo e suas funções, conforme constante no item 4.1.

4.3 Funções do processo

No presente trabalho as funções do processo foram designadas, de forma genérica, conforme a listagem de cada um dos subprocessos envolvidos, optando-se por denominar requisitos do processo às condições necessárias ao bom desenvolvimento da operação, tanto sob a ótica dos preceitos tecnológicos existentes como do conhecimento prático dos membros da Equipe FMEA.

4.4 Modos de falha potencial

Os modos de falha potencial, entendidos como as descrições de não-conformidades em uma operação específica, via de regra, foram redigidos como a expressão negativa dos requisitos arrolados.

4.5 Efeitos potenciais de falha

Estruturados a partir de análises e discussões efetuadas pela Equipe FMEA em painéis, os efeitos potenciais de falha expressam as maneiras como os subprocessos são afetados pelos modos de falha. Neste trabalho, foram efetuadas análises amplas destes efeitos, garantindo o ponto de vista do cliente a respeito do desempenho do sistema pela participação na Equipe FMEA de pessoas que conheçam as ações das empresas compradoras de grãos da canola.

4.6 Severidade dos efeitos de falha

A severidade é um índice usado na FMEA para quantificar o efeito mais grave de um dado modo de falha potencial. Na estruturação da FMEA para canola, foi criada uma tabela de parâmetros de avaliação do critério severidade, conforme demonstrado no Quadro 4, sendo ela uma adaptação da tabela apresentada na FMEA de processos de Daimler Chrysler, Ford & General Motors (2001, p.43), constante no Anexo A.

Para fins de interpretação da FMEA em cultivo de canola, foi decidido considerar todos os modos de falha capazes de produzir efeitos com severidade igual a 5, conforme explicitado no item 4.11.

QUADRO 4 – Parâmetros de avaliação do critério severidade (S) em FMEA para cultivo de canola

Efeito	Severidade do Efeito	Índice de severidade
Praticamente nulo	Perda imperceptível na produção	1
Baixo	Diminuição em até 5 % na produção	2
Moderado	Diminuição em 5 % a 20 % na produção	3
Alto	Diminuição em 20 % a 50 % na produção	4
Muito alto	Diminuição superior a 50 % na produção	5

Fonte: (adaptado de Daimler Chrysler, Ford & General Motors, 2001, p.43)

4.7 Causas geradoras de falhas

Segundo Helman & Andery (1995, p.25), a FMEA é um método de análise de processos (industriais e/ou administrativos), “usado para identificar todos os possíveis modos potenciais de falha e determinar o efeito de cada uma sobre o desempenho do sistema, mediante um raciocínio basicamente dedutivo”. Como este trabalho objetiva demonstrar a validade da aplicação da FMEA em processos de cultivo agrícola optou-se por considerar todas as causas listadas, uma vez que, desta forma, documenta-se integralmente o processo de cultivo da cultura considerada.

A função do processo considerada na aplicação do diagrama de Ishikawa do presente trabalho foi a possibilidade de cada subprocesso do cultivo da canola afetar negativamente o rendimento da cultura. Para tanto, as categorias utilizadas na busca foram a mão-de-obra, os insumos, as máquinas, o ambiente, o método e a medida. Os resultados encontram-se explicitados no item 4.11.

4.8 Ocorrência das causas geradoras de falha

A ocorrência é um índice utilizado em FMEA para quantificar a probabilidade de um modo de falha ou de suas causas ocorrerem. Para avaliar o índice ocorrência, a Equipe FMEA optou por utilizar a abordagem da frequência do modo de falha, a ser analisada conforme demonstrado no Quadro 5, construído por adaptação da tabela apresentada na FMEA de processos de Daimler Chrysler, Ford & General Motors (2001, p.49), constante no Anexo B.

QUADRO 5 – Parâmetros de avaliação do critério ocorrência (O) em FMEA para cultivo de canola

Probabilidade de falha	Índice de ocorrência
Remota: ocorrência de falha é improvável	1
Baixa: ocorrência relativa de poucas falhas	2
Moderada: ocorrência ocasional de falhas	3
Alta: ocorrência freqüente de falhas	4
Muito alta: ocorrência persistente de falhas	5

Fonte: (adaptado de Daimler Chrysler, Ford & General Motors, 2001, p.49)

Para fins de interpretação da presente FMEA, foram considerados todos os modos de falha capazes de ocorrer em índice igual a 5, conforme explicitado no item 4.11.

4.9 Controles atuais do processo

Na estruturação deste componente da FMEA, a Equipe arrolou os controles passíveis de detectar ou prevenir a ocorrência dos modos de falha, atualmente praticados na Escola-Fazenda da SETREM, em cultivos de canola.

4.10 Detecção das falhas

A detecção é um índice utilizado em FMEA para quantificar o melhor controle em uso para manter o processo em conformidade. Os parâmetros de avaliação para o critério detecção encontram-se relacionados no Quadro 6. Este constitui uma adaptação efetuada com base em tabela apresentada na FMEA de processos de Daimler Chrysler, Ford & General Motors (2001, p.53), constante no Anexo C.

4.11 Construção da FMEA para cultivo de canola

Para a construção da FMEA de cultivo da canola na Escola-Fazenda da SETREM, o processo foi dividido em cinco subprocessos, distribuídos em ordem cronológica de execução, quais sejam, a escolha de área e de insumos para a semeadura, a sistematização de área de cultivo, a semeadura, os tratos culturais e a colheita.

QUADRO 6 – Parâmetros de avaliação do critério detecção (D) em FMEA para cultivo de canola

Probabilidade de detecção da falha	Índice de detecção
Quase certamente	1
Alta	2
Moderada	3
Remota	4
Absoluta incerteza	5

Fonte: (adaptado de Daimler Chrysler, Ford & General Motors, 2001, p.53)

Cada um dos subprocessos foi analisado, considerando as causas inerentes que pudessem influenciar negativamente no rendimento da cultura. Para tanto, foi utilizado o diagrama de causa e efeito. De acordo com Gomes (1994, p.77), “este diagrama pode não efetivar a identificação das causas de um problema, mas nenhuma outra ferramenta organiza tão bem a busca”.

Uma vez listadas as causas, com auxílio do diagrama causa e efeito, as mesmas foram analisadas sob o prisma da teoria que embasa a atividade estudada, sendo que algumas foram relacionadas pela Equipe FMEA como modo potencial de falha e, outras, como causas destes modos. Esta decisão ocorreu, pois a análise das causas listadas demonstrou que muitas delas se constituíam causas dos modos de falha e não dos requisitos, diretamente. Assim, foram considerados modos de falha apenas as causas geradoras de falhas dos requisitos. Portanto, embora todas as causas listadas constem nas FMEAs, nem todas se encontram arroladas no formulário de entrada como modo potencial de falha.

Posteriormente à listagem das causas passíveis de afetar o rendimento da cultura estudada, para cada subprocesso, foi completado o formulário utilizado para sistematizar a aplicação da FMEA. Quanto a este, foi considerado o que afirma Palady (1997, p. 41): existem “vários formatos ou versões do formulário de FMEA”. O formulário utilizado para estruturar a FMEA de cultivo de canola no ambiente de estudo, se constitui em uma livre adaptação das versões constantes nas obras de Palady (1997, p.152), Daimler Chrysler, Ford & General Motors (2001, p.56) e Helman & Andery (1995, p.28). Objetivando facilitar tanto a localização e a priorização dos modos de falha e seus respectivos efeitos, quanto a alocação do grau de risco no gráfico de área, no formulário da FMEA dos subprocessos foi utilizada

uma codificação alfanumérica, apresentada em negrito, após as descrições dos modos potenciais de falha (numérica, seqüencial para os 5 subprocessos) e efeitos potenciais das falhas (alfabética, individualizada para cada modo de falha).

4.11.1 Subprocesso escolha de área e de insumos para a semeadura

O subprocesso escolha de área e de insumos para a semeadura contempla em sua estruturação as condições de solo para instalação da cultura (topografia, profundidade, fertilidade e rotação de culturas), a tecnologia utilizada para esta cultura (insumos necessários ao seu bom desempenho) e a disponibilidade, no mercado, dos insumos necessários.

Segundo levantamento da Equipe FMEA, as causas, inclusas neste subprocesso, possíveis de influenciar negativamente no rendimento da canola, estão demonstradas na Figura 3 e relacionadas e explicadas em seqüência a ela.

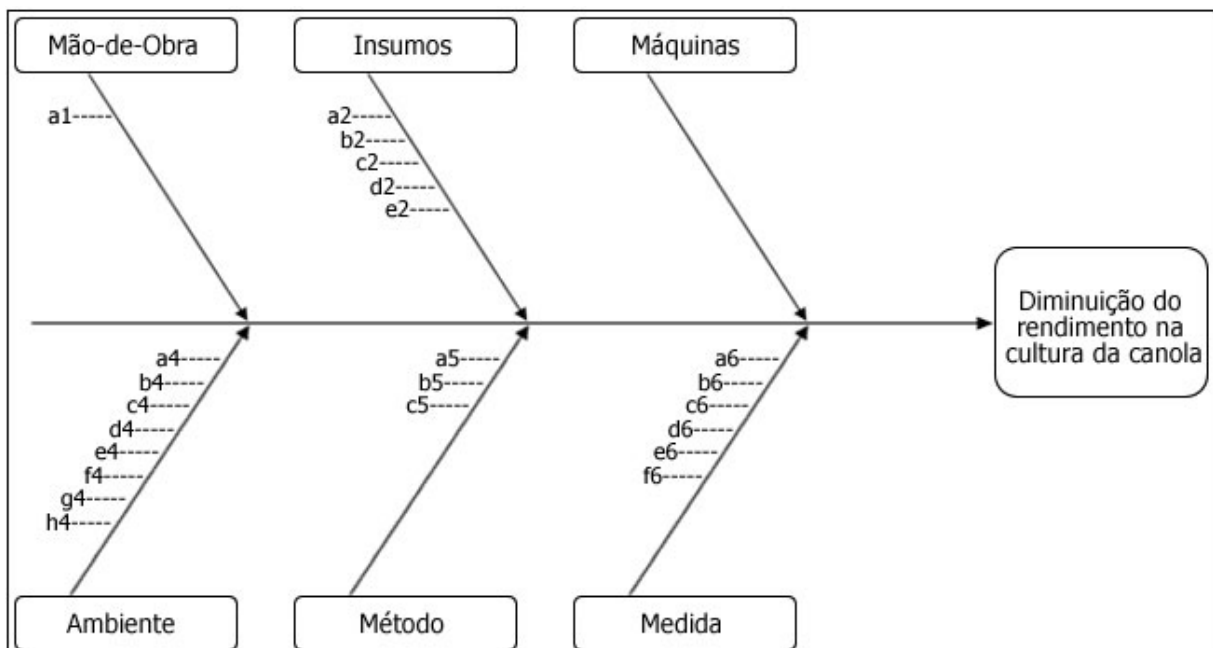


FIGURA 5 - Diagrama de causa e efeito de diminuição de rendimento de canola no subprocesso escolha de área e de insumos para a semeadura

A explicitação e os comentários a respeito do diagrama de causa e efeito apresentado na Figura 5 encontram-se relacionados a seguir.

- Grupo mão-de-obra:

a1. Erro do responsável técnico: erro na definição da área de cultivo (com topografia ondulada, solo ácido e próxima à área infectada com canela preta em ano anterior), na projeção do sistema de rotação cultural, na seleção dos insumos a serem utilizados (cultivar, qualidades das sementes e adubação).

- Grupo insumos:

a2. Cultivar inadequado: os cultivares adquiridos para cultivo devem ser adaptados às condições edafoclimáticas regionais e resistentes à canela preta, tais como Hyola 43 e Hyola 60 (TOMM, 2003, p.8).

b2. Semente de baixo poder germinativo: ao adquirir as sementes, é necessária a checagem do poder germinativo das mesmas, informação obrigatória de constar na embalagem de sementes fiscalizadas. Este cuidado deve ocorrer, uma vez que as sementes da cultura são praticamente todas importadas.

c2. Sementes impuras: as sementes não devem conter mistura varietal, pois, caso este fato ocorra, pode ocorrer dificuldade de colheita em função de diferença de ciclo dos cultivares. Os padrões de qualidade exigidos para sementes fiscalizadas prevêm as quantidades toleradas de mistura varietal.

d2. Sementes infectadas: as sementes devem estar isentas de sementes de plantas daninhas. Os padrões de qualidade exigidos para sementes fiscalizadas prevêm as espécies possíveis de ocorrer na semente da cultura e sua quantidade e as espécies proibidas de ocorrência.

e2. Fórmula de adubo sem enxofre: a canola tem grande demanda de enxofre e sua deficiência costuma ocorrer em solos ácidos ou com baixo teor de matéria orgânica (TOMM, 2003, p.11). Portanto, é importante que a fórmula de adubo utilizada na base de semeadura contenha este nutriente. Caso contrário, o enxofre deve ser disponibilizado às plantas através de aplicação em cobertura, prática operacionalmente mais difícil e de menor uniformidade de distribuição.

- Grupo ambiente:

a4. Solo compactado: a área de cultivo não pode estar compactada. Segundo Tomm (2003, p.5), “as raízes da canola raramente conseguem penetrar camadas de terra compactada”, principalmente porque fica restrita a provisão de oxigênio à elas (CANOLA COUNCIL OF CANADA, [2000?], p.8). Primavesi (1981, p.37) ensina que “em solo compactado ou adensado diminui o desenvolvimento do vegetal graças a um metabolismo pouco eficiente e uma respiração fermentativa”.

b4. Má estrutura do solo: um solo bem estruturado é denominado solo grumoso, o qual, segundo Primavesi (1981, p.205), “é poroso, permitindo a pronta infiltração de água, de ar e a penetração das raízes”. De acordo com Kochhann & Denardin (2000, p.13) “a degradação da estrutura de um solo normalmente é expressa pela redução e/ou descontinuidade de sua porosidade”, fato que prejudica o desenvolvimento da cultura, principalmente devido à má drenagem, má aeração e má penetração radicular.

c4. Solo com má drenagem: conforme o Chacra Experimental Integrada Barrow (1996, p.9) “as áreas com possibilidade de encharcamento não são recomendáveis já que o cultivo é muito suscetível aos excessos de água, que limitam seu desenvolvimento”.

d4: Solo com má fertilidade: denomina-se solo fértil ou produtivo, de acordo com Primavesi (1981, p.205), “um solo que com o suficiente de água e nutrientes é capaz de produzir colheitas fartas”. Para ocorrer sucesso no cultivo da canola, entre outros fatores, segundo Tomm (2003, p.5), é necessária a “escolha de área com solo bem fértil”.

e4. Solo com baixo teor de matéria orgânica: devem ser evitados os solos com baixo teor de matéria orgânica, pois os mesmos apresentam “baixa capacidade de suprir nitrogênio e enxofre, muito necessários para a canola” (TOMM, 2003, p.2).

f4. Solo ácido: Tomm (2003, p.5) ensina que a “canola requer solos com pH acima de 5,5”, pois elevada acidez e alumínio tóxico limitam a disponibilidade de nitrogênio e enxofre (TOMM, 2003, p.2).

g4. Topografia ondulada: a cultura “prefere solos suavemente ondulados ou planos” (DIAS, 1992, p.25), o que facilita seu cultivo, bem como os tratamentos culturais e, sobretudo, a colheita.

- Grupo método:

a5. Não utilização de Sistema de Semeadura Direta (SSD): o SSD, de acordo com a Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul (2003, p. 5), “além de ser mais eficaz para o controle da erosão e de ser mais econômico, contribui de forma decisiva para a melhoria dos aspectos físicos, químicos e biológicos do solo e redução dos custos de produção”. Portanto, em função das inúmeras vantagens, é fundamental cultivar a canola conforme os preceitos deste sistema.

b5. Mau sistema de rotação de culturas: entre os efeitos benéficos da rotação cultural, conforme a Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul (2004, p. 75) é pertinente destacar a melhor utilização do solo e dos nutrientes, a mobilização destes nutrientes de camadas mais profundas para a superfície, o aumento do teor de matéria orgânica, o controle da erosão e o controle de plantas invasoras, insetos-pragas e moléstias. Para tanto, no caso da canola, é necessário cuidado no sentido de não cultivar espécies do gênero brássica e de girassol em ano anterior, as primeiras, devido ao potencial de constituírem-se plantas invasoras e o segundo, por poder acarretar surgimento de moléstias como a *Sclerotinia sclerotiorum*, limitante à produção.

c5. Ausência de adubação nitrogenada em cobertura: a adubação nitrogenada em cobertura é fundamental para o sucesso da cultura. A importância desta prática cultural é tal que Tomm (2003, p.12) afirma que não se deve semear canola se não houver pretensão de adubar com nitrogênio (N), pois a produtividade será reduzida.

- Grupo medida:

a6. Adubação desequilibrada: para o cultivo de canola há necessidade de adubação equilibrada e, segundo a Canola Council of Canadá ([2000?], p. 7), a cultura “requer os principais nutrientes na seguinte relação aproximada: 5 de N, 2,4 de P₂O₅, 4 de K₂O e 1 de S. Balanceamento nutricional é essencial”.

b6. Suprimento inadequado de fósforo (P_2O_5): o fósforo deve ser suprido à cultura através da adubação de base, de acordo com as necessidades apontadas pela análise de solo e em conformidade com o balanceamento nutricional requerido.

c6. Suprimento inadequado de potássio (K_2O): o potássio deve ser suprido à cultura através da adubação de base, de acordo com as necessidades apontadas pela análise de solo e em conformidade com o balanceamento nutricional requerido.

d6. Suprimento inadequado de nitrogênio (N): o nitrogênio deve ser suprido à cultura através da adubação de base, de acordo com as necessidades apontadas pela análise de solo e em conformidade com o balanceamento nutricional requerido.

e6. Suprimento inadequado de enxofre (S): o enxofre deve ser suprido à cultura através da adubação de base, de acordo com as necessidades apontadas pela análise de solo e em conformidade com o balanceamento nutricional requerido.

f6. Área com distância menor que 1000 metros de área infectada com canela-preta em ano anterior: caso houver registro de ocorrência de canela-preta em ano anterior ao de cultivo, em gleba distante a menos de 1000 metros, Tomm (2003, p.3) recomenda evitar a semeadura, afirmando, inclusive, que a proximidade de campos infectados na “última safra é mais importante do que o número de anos desde o último cultivo de canola na área”.

A construção da FMEA do subprocesso escolha de área e de insumos para a semeadura está demonstrada no Quadro 7.

QUADRO 7 – Aplicação da FMEA no subprocesso escolha de área e de insumos para a
semeadura de canola

FMEA DE PROCESSO								
								FMEA nº 01
Item: Subprocesso escolha de área e de insumos para a semeadura								
Preparado por: Eng. Agrº Marcos Garrafa, garrafa@setrem.com.br, SETREM								
Programa: Cultivo de Canola								
Data Chave: colheita da cultura antecessora de inverno								
Data da FMEA (inicial): julho de 2003 (Revisada): abril de 2004								
Equipe: Marcos Garrafa, Eng. Agrº; Valdir Antonio Benedetti, Técnico em Agropecuária; Osmar Ferrazza, Operador de Máquinas; Jair Sancandi, Operador de Máquinas e Assistente de Operações; Ricardo Link, Técnico em Agropecuária do Cliente; Nereu Reidel, Cliente.								
Requisitos	Modo de falha potencial	Efeito potencial da falha	S	Causas e mecanismos potenciais de falhas	O	D	Controles atuais do processo	N P R
1. Boa estrutura do solo	Deficiência de macroporos no solo (1)	* Mau desenvolvimento radicular por deficiente aeração do solo (a) * Má nutrição das plantas (b)	3 3	* Compactação do solo por: - Trânsito excessivo de máquinas - Uso de sistema convencional de cultivo * Baixo teor de matéria orgânica no solo	1	1	* Preventivo: - bom sistema de vias de acesso às áreas - uso de sistema de semeadura direta	3
	Deficiência de microporos no solo (2)	* Mau desenvolvimento radicular por baixa solução do solo (a) * Má nutrição das plantas (b)	3 3	* Compactação do solo por: - Trânsito excessivo de máquinas - Uso de sistema convencional de cultivo * Baixo teor de matéria orgânica no solo	1	1	* Preventivo: - bom sistema de vias de acesso às áreas - uso de sistema de semeadura direta	3

2. Boa drenagem do solo	Má drenagem do solo (3)	<ul style="list-style-type: none"> * Deficiente percolação da água no perfil solo (a) 3 * Excessiva umidade do solo (b) 3 * Proliferação de doenças (c) 3 * Deficiente aeração do solo (d) 3 * Mau desenvolvimento radicular das plantas (e) 3 * Má nutrição das plantas (f) 3 * Mau desenvolvimento fenotípico das plantas (g) 3 	<ul style="list-style-type: none"> * Solos hidromórficos * Solos rasos * Compactação do solo 	1	1	<ul style="list-style-type: none"> * Preventivo: - cultivo em solos profundos - cultivo em solos não hidromórficos - descompactação do solo antes do cultivo 	3
3. Topografia plana a moderadamente e ondulada	Topografia acidentada (4)	<ul style="list-style-type: none"> * Perdas na colheita (a) 2 * Deficientes operações mecanizadas (b) 2 * Desuniformidade no rendimento (c) 3 	* Erro do responsável técnico na definição da área de cultivo	1	1	<ul style="list-style-type: none"> * Preventivo: - destinação de área com topografia plana a moderadamente ondulada para cultivo 	3
4. pH maior que 5,5	Acidez elevada (5)	<ul style="list-style-type: none"> * Elevada concentração de alumínio (a) 4 * Baixa disponibilidade de nitrogênio, fósforo e enxofre (b) 4 * Mau desenvolvimento radicular das plantas (c) 3 	* Erro do responsável técnico	1	1	<ul style="list-style-type: none"> * Preventivo: - análise de solo 	4
5. Solo com boa fertilidade	Deficiência nutricional do solo (6)	<ul style="list-style-type: none"> * Deficiente alimentação das plantas (a) 3 * Mau desenvolvimento vegetativo das plantas (b) 3 * Mau desenvolvimento reprodutivo das plantas (c) 3 	<ul style="list-style-type: none"> * Erosão * Inadequado sistema de cultivo * Deficiente sistema de rotação cultural * Utilização de adubações muito baixas em cultivos anteriores 	1	1	<ul style="list-style-type: none"> * Preventivo: - análise de solo - uso de adubação adequada 	3

6. Bom teor de matéria orgânica no solo	Baixo teor de matéria orgânica no solo (7)	* Deficiência de nitrogênio à cultura (a) 3 * Deficiência de enxofre à cultura (b) 2 * Mau desenvolvimento vegetativo (c) 3 * Mau desenvolvimento reprodutivo (d) 3	* Mau manejo dos cultivos 3 * Mau sistema de rotação de culturas 2	2	1	* Preventivo: - análise de solo - uso de adubação condizente - uso de SSD	6
7. Ausência de resíduos de herbicidas utilizados em cultura antecessora	Presença no solo de resíduos de herbicidas tóxicos à cultura (8)	* Fitotoxicidade à cultura (a) 4	* Uso de herbicidas com longo poder residual em cultura antecessora 4 * Precipitação abaixo do normal no período da aplicação dos herbicidas até o cultivo da canola 2 * Temperaturas abaixo do índice normal no período da aplicação dos herbicidas até o cultivo da canola 1 * Erro do responsável técnico	2	1	* Preventivo: - planejamento do uso de herbicidas em cultivo anterior	8

8.Utilização de Sistema de Semeadura Direta	Pequena palhaça na superfície do solo (9)	<ul style="list-style-type: none"> * Desagregação do solo por impacto das gotas de chuva (a) 2 * Baixa penetração da água das chuvas . (b) 2 * Escorrimento da água das chuvas (c) 2 * Baixo sombreamento do solo (d) 2 * Maior competição das plantas invasoras com a cultura (e) 3 * Baixo efeito alelopático (f) 2 * Aumento do hidrogênio no solo . (g) 2 * Maior acidez do solo (h) 3 * Diminuição rápida da umidade do solo . (i) 2 * Menor tempo hábil para sementeira (j) 2 	* Deficiente sistema de rotação de culturas	1	1	* Preventivo: - cultivo de gramínea como cultura antecessora de inverno - boa distribuição da palhaça da cultura antecessora de verão	3
9.Adequado sistema de rotação cultural	Cultivo de crucíferas na área em três anos anteriores à sementeira (10)	<ul style="list-style-type: none"> * Presença de agentes patogênicos saprófitos (a) 3 * Suscetibilidade a doenças (b) 3 * Maior incidência de nabo competindo com a cultura (c) 3 * Presença de plantas voluntárias (“tigüeras”) competindo com a cultura (d) 3 * Presença acentuada de pragas remanescentes de cultivo anterior (e) 2 	* Erro do responsável técnico na projeção do sistema de rotação cultural	1	1	* Preventivo: - rotação cultural com uso de gramíneas no inverno e leguminosas no verão, como antecessoras	3

	Cultivo de gramínea antecedendo a implantação da cultura (11)	* Menor disponibilidade de nitrogênio à cultura devido à concorrência de microorganismos decompositores da palha (a)	3	* Erro do responsável técnico na projeção do sistema de rotação cultural	1	1	* Preventivo: - cultivo de leguminosa antecedendo a implantação da cultura	3
	Cultivo de girassol no inverno antecessor ao cultivo da cultura (12)	* Suscetibilidade a doenças devido a presença de agentes patogênicos saprofitos, especialmente <i>Sclerotinia</i> (a)	4	* Erro do responsável técnico na projeção do sistema de rotação cultural	1	1	* Preventivo: - rotação cultural com uso de gramíneas no inverno e leguminosas no verão, como antecessoras	4
10. Distância de 1000 metros de área infectada por canela-preta em ano anterior	Cultivo da cultura em área distante a menos de 1000 metros de área infectada por canela-preta em ano anterior (13)	* Infecção da cultura com canela-preta (a) * Diminuição do rendimento, podendo ocasionar morte das plantas (b)	5 5	* Erro do responsável técnico na determinação da área de cultivo	2	1	* Preventivo: - distância mínima de 1000 metros de áreas infectadas com a doença em ano anterior - uso de cultivares resistentes à doença	10
11. Sementes de poder germinativo maior que 80 %	Poder germinativo das sementes menor que 80 % (14)	* Baixa densidade de plantas (c) * Aumento de competição por plantas daninhas (b)	3 3	* Má formação da semente * Má armazenagem da semente * Desatenção do responsável técnico	1	1	* Preventivo: - uso de sementes fiscalizadas - verificação do poder germinativo das sementes	3
12. Sementes livres de agentes patogênicos	Sementes infectadas por agentes patogênicos (15)	* Baixa densidade (a) * Mau desenvolvimento vegetativo (b) * Mau desenvolvimento reprodutivo (c)	3 3 3	* Aquisição de sementes de origem duvidosa * Negligência do responsável técnico na checagem da qualidade da semente	1	4	* Preventivo: - uso de sementes fiscalizadas	12
13. Semente livre de grãos de cultura contaminante	Presença de semente de nabo na semente da cultura (16)	* Competição do nabo com a cultura em luz, nutrientes e umidade (a) * Infestação da área com nabo (b)	4 3	* Aquisição de sementes de origem duvidosa * Negligência do responsável técnico na checagem da qualidade da semente	1	1	* Preventivo: - aquisição de sementes fiscalizadas	4

14. Sementes com pureza varietal	Sementes com mistura varietal (17)	* Maturação desuniforme (a) 3 * Perdas na colheita (b) 3 * Excesso de umidade na colheita (c) 3 * Excesso de impurezas na colheita (d) 3	* Aquisição de sementes de origem duvidosa 1 3	* Preventivo: - aquisição de sementes fiscalizadas 9
15. Uso de cultivar resistente à canela-preta	Uso de cultivar suscetível à canela-preta (18)	* Face à alta virulência deste agente patogênico em condições de alta umidade, pode ocorrer: (a) - Precário desenvolvimento vegetativo (b) 3 - Precário desenvolvimento reprodutivo (c) 4 - Morte de plantas (d) 5 - Infecção da área cultivada (e) 5	* Uso de cultivar suscetível à canela-preta * Erro do responsável técnico na seleção do cultivar 2 4	* Preventivo: - aquisição de cultivares resistentes à canela-preta 40
16. Uso de cultivar adaptado à região de cultivo	Não adaptação do cultivar usado às condições edafoclimáticas regionais (19)	* Baixo potencial produtivo (a) 4 * Baixa densidade (b) 3 * Mau desenvolvimento vegetativo (c) 4 * Mau desenvolvimento reprodutivo (d) 4	* Cultivar não adaptado às condições edafoclimáticas locais * Erro do responsável técnico na seleção do cultivar 1 1	* Preventivo: - utilização de cultivares recomendados pela pesquisa - uso de sementes fiscalizadas 4
17. Adubação equilibrada, com fórmula de adubo contendo proporção aproximada de 5 de N para 2,4 de P ₂ O ₅ , 4 de K ₂ O e 1 de S	Desequilíbrio nutricional (20)	* Mau desenvolvimento vegetativo (a) 3 * Mau desenvolvimento reprodutivo (b) 3	* Deficiência proporcional de algum nutriente em relação a outros, conforme a Lei de Liebig * Erro do responsável técnico na preconização da adubação * Indisponibilidade no mercado de fórmula adequada de adubo 2 2	* Preventivo: - adubação conforme análise de solo e necessidades nutricionais da cultura 12

18. Quantidade de adubo que permita adequado suprimento de N, P ₂ O ₅ , K ₂ O e S para atingir 2 t/ha de produção	Adubação de base projetada com suprimento de N inferior a 15 kg/ha (21)	<ul style="list-style-type: none"> * Deficiente instalação da cultura a campo (a) 3 * Lento crescimento inicial da cultura (b) 4 * Facilitação a competição de plantas invasoras (c) 4 * Maior tempo de exposição à ação das geadas (d) 3 	<ul style="list-style-type: none"> * Erro do responsável técnico na preconização da adubação * Indisponibilidade no mercado de fórmula adequada de adubo 	1	1	* Preventivo: - adubação conforme análise de solo e necessidades nutricionais da cultura	4
	Adubação de base projetada com suprimento de P ₂ O ₅ inferior a 14 kg/ha (22)	<ul style="list-style-type: none"> * Deficiente crescimento das plantas (a) 3 * Baixa transferência de energia na síntese de substâncias orgânicas (b) 3 	<ul style="list-style-type: none"> * Erro do responsável técnico na preconização da adubação * Indisponibilidade no mercado de fórmula adequada de adubo 	1	1	* Preventivo: - adubação conforme análise de solo e necessidades nutricionais da cultura	3
	Adubação de base projetada com suprimento de K ₂ O inferior a 18 kg/ha (23)	<ul style="list-style-type: none"> * Menor catalisação de substâncias vegetais (a) 3 * Deficiente crescimento das plantas (b) 3 * Menor viscosidade do plasma celular devido deficiência potássica (c) 3 * Menor resistência das plantas à geada (d) 3 * Menor absorção de outros nutrientes essenciais à cultura por diminuição da respiração das plantas (e) 3 * Menor resistência das plantas às doenças (f) 3 	<ul style="list-style-type: none"> * Erro do responsável técnico na preconização da adubação * Indisponibilidade no mercado de fórmula adequada de adubo 	1	1	* Preventivo: - adubação conforme análise de solo e necessidades nutricionais da cultura	1

	Adubação de base projetada com suprimento de S inferior a 20 kg/ha (24)	* Alta taxa de abortamento de flores (a) 4 * Redução no número de siliquas (b) 3 * Formação de siliquas pequenas e deformadas (c) 4 * Baixo número de grãos por síliqua (d) 4		* Erro do responsável técnico na preconização da adubação * Indisponibilidade no mercado de fórmula adequada de adubo	2	1	* Preventivo: - adubação conforme análise de solo e necessidades nutricionais da cultura	8
	Adubação de cobertura projetada com suprimento de N incapaz de, somado ao N aplicado na base, atingir 60 kg/ha (25)	* Mau desenvolvimento vegetativo (a) 3 * Mau desenvolvimento reprodutivo (b) 3 * Deficiente formação de óleo e proteína (c) 3		* Erro do responsável técnico na preconização da adubação	2	1	* Preventivo: - adubação conforme análise de solo e necessidades nutricionais da cultura	6
	Adubação de cobertura com nível muito elevado de N (26)	* Crescimento excessivo das plantas (a) 3 * Acamamento (b) 3		* Erro do responsável técnico na preconização da adubação	1	1	* Preventivo: - adubação conforme análise de solo e necessidades nutricionais da cultura - uso de densidade adequada de plantas	3

4.11.2 Subprocesso sistematização da área de cultivo

O subprocesso sistematização da área de cultivo está focado no sistema de controle da erosão, no manejo das plantas invasoras e dos insetos (sobretudo formigas) e dimensionamento de máquinas e implementos para tanto.

Segundo levantamento da Equipe FMEA, as causas, inclusas neste subprocesso, possíveis de influenciar negativamente no rendimento da canola, estão demonstradas na Figura 6 e relacionadas e explicadas em seqüência a ela.

A explicitação e os comentários a respeito do diagrama de causa e efeito apresentado na Figura 6 encontram-se relacionados a seguir.

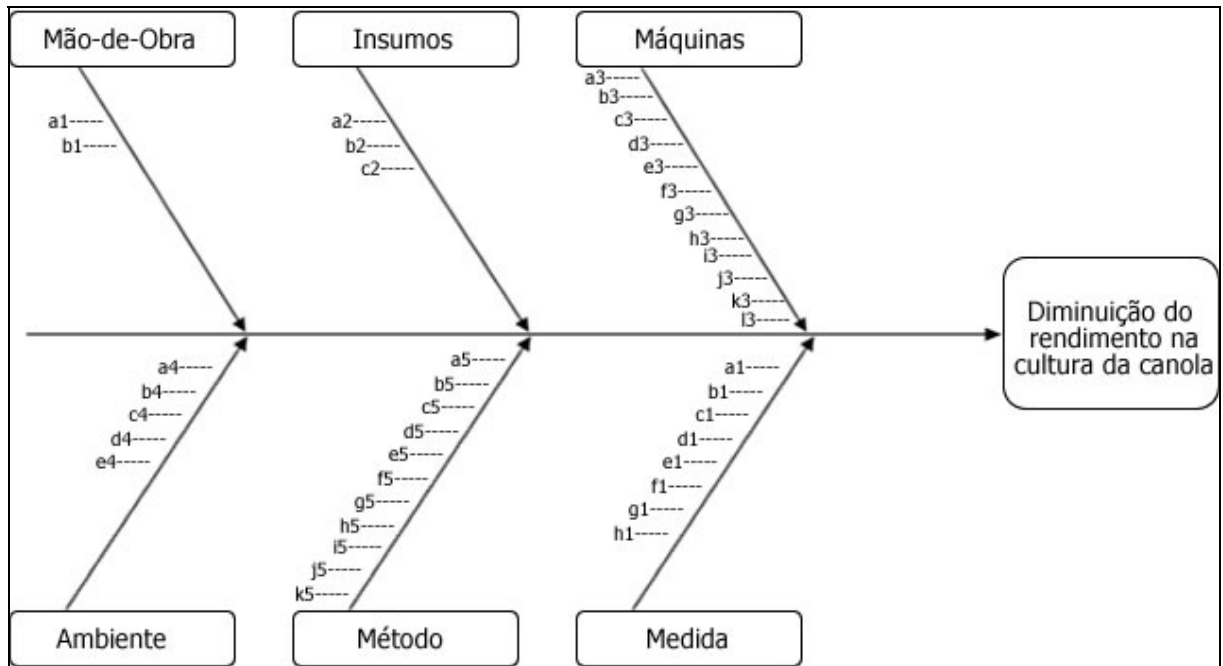


FIGURA 6 - Diagrama de causa e efeito de diminuição de rendimento de canola no subprocesso sistematização de área de cultivo

- Grupo mão-de-obra:

a1. Erro/desatenção do responsável técnico: o responsável técnico deve estar atento quanto ao sistema de terraceamento (projetando e locando os terraços adequadamente). Ele deve observar também a distância de 0,5 metro entre os bicos e o alvo, para bicos leque com ângulo de 110° (VELOSO, GASSEN & JACOBSEN, 1984, p.18), a inclinação dos bicos em relação à barra de pulverização, que deve ser de aproximadamente 9° (VELOSO, GASSEN & JACOBSEN, 1984, p.21), a existência de marcador de linha no pulverizador, a correta regulagem do pulverizador e o adequado treinamento do operador).

b1. Erro/desatenção do operador: o operador deve tomar cuidado para não ocorrerem falhas na construção dos terraços e não esquecer de manter os mesmos (para que fiquem em nível e com canal desobstruído). Também deve estar atento para as condições ambientais por ocasião da aplicação de agrotóxicos e manter a rotação do motor do trator constante durante a operação de pulverização, conforme projetado na regulagem do pulverizador.

- Grupo insumos:

a2. Herbicida inadequado: o herbicida a ser usado para dessecação das plantas invasoras por ocasião do manejo da área deve ser capaz de controlá-las adequadamente. No local do estudo é usado o glyphosate (marca comercial Roundup Transorb).

b2. Inseticida inadequado: o inseticida utilizado para controle das formigas por ocasião do manejo da área deve ser capaz de controlá-las adequadamente. No ambiente de estudo é usado o fipronil (marca comercial Standak).

c2. Baixa estabilidade da espuma do marcador de linhas de pulverização: a espuma utilizada para marcar as linhas de pulverização deve ter estabilidade suficiente para, nas condições ambientais, permitir sua visualização pelo tempo necessário a pulverização da faixa adjacente à marcada.

- Grupo máquinas:

a3. Mau funcionamento do trator: o mesmo deve estar revisado para diminuir possibilidade de pane que venha a atrasar a operação de manejo.

b3. Mau funcionamento do pulverizador: o pulverizador deve estar revisado para diminuir a possibilidade de pane que venha a atrasar a operação de manejo.

c3. Vazamentos no pulverizador: o pulverizador deve estar livre de vazamentos, os quais comprometem a boa distribuição do produto, além de acarretarem impacto ambiental indesejável. Por ocasião da regulagem do pulverizador, devem ser substituídas as mangueiras que apresentarem furos, as conexões quebradas e as braçadeiras gastas. Também deve haver preocupação em apertar adequadamente as braçadeiras e ajustar bem os bicos do pulverizador.

d3. Mau funcionamento do manômetro do pulverizador: sem adequado funcionamento do manômetro do pulverizador não é possível efetuar a regulagem com qualidade, uma vez que ficará comprometida a uniformidade de distribuição dos produtos, bem como potencializada a alteração da dosagem pretendida. Caso o manômetro não estiver funcionando adequadamente, deve ser substituído por um novo.

e3. Mau funcionamento do tractômetro: a uniformidade de distribuição dos produtos é uma variável diretamente dependente da uniformidade da rotação do motor do trator, a qual deve ser constantemente conferida pelo operador por visualização da marcação do tractômetro.

f3. Ausência de marcador de linhas de pulverização: a existência de marcador de linhas no pulverizador é muito importante para garantir cobertura total da área de aplicação. Sem marcador de linhas podem ocorrer faixas de lavoura sem receber os produtos, comprometendo os objetivos da operação, seja por presença de plantas invasoras que atuarão como infestantes, seja por presença de formigas que poderão ocasionar danos consideráveis.

g3. Modelo inadequado de bico do pulverizador: para aplicação de agrotóxicos em superfícies planas, como na operação de manejo, devem ser utilizados preferencialmente bicos leque (VELOSO, GASSEN & JACOBSEN, 1984, p.17).

h3. Ângulo inadequado do bico do pulverizador: para aplicações efetuadas com bico do tipo leque, a prioridade deve ser dada àqueles com ângulo de abertura de 110°, os quais, segundo Veloso, Gassen & Jacobsen (1984, p.18), “melhor absorvem as oscilações de altura de condução da barra, devido a característica destes de trespassarem os jatos mais de uma vez”.

i3. Bicos com vazões diferentes: por ocasião da regulagem do pulverizador, os bicos devem ser conferidos um a um para evitar a ocorrência, na mesma barra, de bicos de diferentes modelos, vazões ou ângulos, fato que comprometeria a uniformidade de distribuição dos produtos.

j3. Bicos desgastados: todos os bicos da barra de pulverização, uma vez que sofrem desgaste por atrito, devem ter sua vazão averiguada, não podendo esta variar mais que 5 % do preconizado (VELOSO, GASSEN & JACOBSEN, 1984, p.26). Caso algum bico ultrapassar este parâmetro, deve ser substituído por novo.

k3. Bicos entupidos: o entupimento dos bicos não é comum em aplicações de agrotóxicos de formulação líquida e com veículo (água) oriunda de fonte limpa, no entanto, é interessante o operador estar atento, verificando visual e sistematicamente a vazão.

l3. Peneiras entupidadas: o entupimento das peneiras não é comum em aplicações de agrotóxicos de formulação líquida e com veículo (água) oriunda de fonte limpa, no entanto, é interessante o operador estar atento, verificando visual e sistematicamente a vazão.

- Grupo ambiente:

a4. Pulverização com umidade inadequada do solo: por ocasião da pulverização de manejo, não pode haver umidade excessiva no solo sob pena do inseticida sofrer dissolução excessiva, comprometendo seu funcionamento. Já o herbicida, não deve ser aplicado em condições de estresse hídrico sob pena de não ser absorvido pelas plantas invasoras, uma vez que seu modo de ação é sistêmico (REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 2003, p.93).

b4. Pulverização com ventos excessivos: segundo a Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul (2003, p.93), é necessário “suspender a aplicação quando ocorrer vento com mais de 8 km/h”. Ventos fortes geram deriva e evaporação, diminuindo a uniformidade de deposição dos agrotóxicos no alvo.

c4. Pulverização sob alta temperatura ambiente: temperaturas altas geram evaporação dos produtos antes de atingirem o alvo, comprometendo sua eficácia. A Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul (2003, p.93) recomenda que “a temperatura do ar ótima para aplicação está na faixa de 20° a 30 ° C, evitando-se aplicar com temperatura do ar inferior a 10 °C e superior a 30°C”.

d4. Pulverização sob baixa umidade relativa do ar: a umidade relativa do ar influencia as características físicas da calda aplicada. A Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul (2003, p.93) indica que se deve efetuar aplicação de agrotóxicos “apenas quando a umidade relativa do ar for superior a 60 %”.

e4. Excessiva declividade do terreno: terrenos excessivamente declivosos afetam a qualidade das operações de cultivo, acarretando necessidade de construção de terraços com base estreita ou média, fato que diminui a área efetivamente cultivada e gera excesso de arremates, com gasto desnecessário de insumos.

- Grupo método:

a5. Ausência de terraços na área de cultivo: segundo a Reunião da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo (2004, p. 47), “efetuar terraceamento é imprescindível em sistema de plantio direto nas condições edafo-climáticas dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina”.

b5. Terraços construídos com base estreita ou média: terraços com base estreita ou média diminuem a área efetiva de cultivo e acarretam excessivos arremates, com gastos desnecessários de insumos. A Reunião da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo (2004, p. 48) ensina que em áreas com sistema de plantio direto “indica-se terraços de base larga em nível”.

c5. Terraços projetados em desnível: vide item anterior.

d5. Ausência de manutenção dos terraços: a manutenção é uma “prática imprescindível para continuidade do funcionamento eficiente de um sistema de terraços” (RIO GRANDE DO SUL, 1979, p.106).

e5. Má manutenção dos terraços: RIO GRANDE DO SUL (1979, p.106) explicita que a manutenção dos terraços “nada mais é do que a elevação ou reconstrução do dique e a abertura ou limpeza do canal”. Esta operação é efetuada com auxílio do arado.

f5. Incorreta operação de manejo: a aplicação de herbicida e formicida em manejo não deve ser efetuada em condições de estresse hídrico e condições ambientais adversas. Também deve haver cuidado com o uso de bico e produtos adequados, conforme já explicitado nos itens anteriores.

g5. Erro na regulagem do pulverizador: a regulagem do pulverizador deve seguir uma sistemática pré-determinada e todos seus componentes devem ser checados, sobretudo a vazão dos bicos, individualmente, não podendo diferenciar mais que 5 % do preconizado. O erro de regulagem também pode ocorrer por utilização de pressão inadequada no manômetro ou estipulação de inadequada rotação do motor do trator.

h5. Erro no treinamento do operador: o responsável técnico deve treinar o operador, observando-o atuar a campo, corrigindo possíveis equívocos. É fundamental que o operador compreenda o sistema de regulagem do pulverizador para corrigir eventuais problemas que venham a ocorrer por ocasião da pulverização. Para tanto, o responsável técnico deve checar o entendimento da regulagem por parte do operador, questionando-o a respeito de soluções que daria a problemas que por ventura viessem ocorrer.

i5. Equivocada inclinação do jato do bico em relação à barra: a inclinação dos bicos em relação à barra de pulverização deve ser de aproximadamente 9° (VELOSO, GASSEN & JACOBSEN, 1984, p.21).

j5. Erro na projeção de pressão de pulverização: conforme Veloso, Gassen & Jacobsen (1984, p.23) “a pressão ótima para bicos do tipo leque está entre 40 a 60 lib/pol²”.

k5. Uso de bicos por tempo superior à sua vida útil: os bicos devem ser utilizados em pulverização pelo tempo de vida útil que apresentam. Este tempo varia com o tipo de bico e o material com o qual ele foi construído.

- Grupo medida:

a6. Terraços construídos em desnível: a Reunião da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo (2004, p. 48) ensina que em áreas com sistema de plantio direto “indica-se terraços de base larga em nível”.

b6. Equivocada distância entre terraços: os terraços devem ser locados e construídos com distância entre eles em acordo com tabela específica, variável em função da declividade do terreno.

c6. Erro na medição da pressão de pulverização: a pressão de pulverização, conforme já explicitado anteriormente, deve variar, para bicos do tipo leque, de 40 a 60 lib/pol². A leitura deve ser feita atentamente e com os bicos em funcionamento, uma vez que, com os bicos fechados, a pressão marcada no manômetro é sempre maior que a da operação a campo.

d6. Erro de medida da vazão dos bicos de pulverização: para medir a vazão dos bicos deve-se utilizar preferencialmente copo medidor com escala em milímetros, uma vez que tem menor diâmetro e, portanto, reduz possibilidade de erro de leitura por desnível.

e6. Erro na distância entre os bicos e o alvo da pulverização: para bicos leque com ângulo de 110° a distância entre os bicos e o alvo deve ser de 0,5 metro (VELOSO, GASSEN & JACOBSEN, 1984, p.18). O responsável técnico deve atentar para este detalhe importante, pois maior distância pode acarretar evaporação da calda antes de atingir o alvo. Menor distância pode acarretar plantas altas sem molhagem adequada pelo herbicida.

f6. Erro na dosagem do herbicida: ao colocar o herbicida no tanque do pulverizador, o operador deve medir adequadamente a dose, utilizando, para tanto, copo graduado em milímetros. Subdosagem ou superdosagem pode acarretar surgimento de plantas invasoras resistentes ao produto.

g6. Erro na dosagem do inseticida: ao colocar o inseticida no tanque do pulverizador, o operador deve medir adequadamente a dose, utilizando, para tanto, copo graduado em milímetros. Subdosagem ou superdosagem pode acarretar surgimento de indivíduos resistentes ao produto.

A construção da FMEA do subprocesso sistematização de área de cultivo está demonstrada no Quadro 8.

QUADRO 8 – Aplicação da FMEA no subprocesso sistematização de área de cultivo de canola

FMEA DE PROCESSO								
							FMEA nº 02	
Item: Subprocesso sistematização de área de cultivo								
Preparado por: Eng.Agrº Marcos Garrafa, garrafa@setrem.com.br, SETREM								
Programa: Cultivo de Canola								
Data Chave: colheita da cultura antecessora de inverno								
Data da FMEA (inicial): julho de 2003 (Revisada): abril de 2004								
Equipe: Marcos Garrafa, Eng. Agrº; Valdir Antonio Benedetti, Técnico em Agropecuária; Osmar Ferrazza, Operador de Máquinas; Jair Sancandi, Operador de Máquinas e Assistente de Operações; Ricardo Link, Técnico em Agropecuária do Cliente; Nereu Reidel, Cliente.								
Requisitos	Modo de falha potencial	Efeito potencial da falha	S	Causas e mecanismos potenciais de falhas	O	D	Controles atuais do processo	N P R
1. Terraceamento com base larga	Ausência de terraceamento (27)	* Erosão (a)	3	Desatenção do responsável técnico	1	1	* Preventivo: - construção de terraços com base larga	3
	Uso de terraços com base estreita ou média (28)	* Menor rendimento por unidade de área (b) * Despadronização das operações (c)	2 2	* Excessiva declividade do terreno * Erro do responsável técnico na projeção dos terraços	1	1	* Preventivo: - escolha de terreno com declividade adequada - revisão dos cálculos de projeção dos terraços - construção de terraços com base larga	2
2. Terraceamento em nível	Construção de terraços com gradiente (29)	* Perda de solo (a) * Erosão no canal dos terraços (b)	2 2	* Excessiva declividade do terreno * Erro do responsável técnico na projeção dos terraços * Erro do responsável técnico na locação dos terraços * Erro do operador na construção dos terraços	2	1	* Preventivo: - escolha de terreno com declividade adequada - projeção de terraços em nível * Detectivo: - conferência dos gradientes dos terraços - observação do funcionamento do sistema quando chovendo	4

3. Correta distância entre terraços	Excessiva distância entre terraços (30)	* Erosão entre terraços (a) 2	* Erro do responsável técnico na projeção dos terraços * Erro do responsável técnico na locação dos terraços * Erro do operador na construção dos terraços	1	1	* Preventivo: - projeção de terraços em nível * Detectivo: - conferência dos gradientes e observação do funcionamento do sistema quando chovendo	2
	Pequena distância entre terraços (31)	* Despadronização das operações (a) 2	* Excessiva declividade do terreno * Erro do responsável técnico na projeção dos terraços * Erro do responsável técnico na locação dos terraços	2	1	* Preventivo: - escolha de terreno com declividade adequada - projeção de terraços em nível * Detectivo: - conferência das distâncias entre terraços	4
4. Manutenção dos terraços	Não manutenção dos terraços (32)	* Terraços excessivamente baixos (a) 2 * Obstrução do canal dos terraços (b) 2 * Erosão por extrapolação da água sobre os terraços (c) 2	* Desatenção da equipe de cultivo	2	1	* Preventivo: - manutenção periódica dos terraços com uso de arado * Detectivo: - vistorias periódicas da área de cultivo pelo responsável técnico	4
	Má manutenção dos terraços (33)	* Terraços excessivamente baixos (a) 2 * Obstrução dos canais dos terraços (b) 2 * Erosão por extrapolação da água sobre os terraços (c) 2	* Erro do operador	1	1	* Detectivo: - checagem da manutenção dos terraços pelo responsável técnico	2

5. Correta dessecação de plantas invasoras	Má dessecação das plantas invasoras (34)	* Remanescente de plantas invasoras competindo com a cultura (a) 3	* Utilização de herbicida dessecante inadequado * Aplicação de subdosagem do dessecante * Dessecação em período de estiagem * Dessecação com excessiva umidade do solo * Bicos inadequados no pulverizador * Desatenção do operador	2	2	* Preventivo: - aquisição de produto recomendado para dessecação - regulagem do pulverizador, com uso de dosagem recomendada - utilização de bicos leque - treinamento do operador * Detectivo: - monitoramento da umidade do solo	12
6. Correto controle de formigas cortadeiras	Mau controle de formigas cortadeiras (35)	* Diminuição da densidade de plantas devido ao corte das plântulas pelas formigas (a) 3 * Diminuição de fotossíntese das plantas por perda de área foliar (b) 3	* Utilização de formicida inadequado * Aplicação de subdosagem do formicida * Manejo efetuado em período de estiagem * Desatenção do operador	1	1	* Preventivo: - aquisição de formicida recomendado para aplicação em manejo - regulagem do pulverizador - uso de dosagem recomendada - treinamento do operador * Detectivo: - monitoramento das condições de umidade do solo	3
7. Uniformidade dos bicos do pulverizador	Uso de bicos com diferentes vazões projetadas (36)	* Mau controle das plantas invasoras (a) 3 * Geração de plantas invasoras resistentes ao produto (b) 2 * Mau controle das formigas (c) 2 * Geração formigas resistentes ao produto (d) 2	* Não conferência da vazão dos bicos por ocasião da regulagem	1	1	* Detectivo: - conferência da vazão dos bicos por ocasião da regulagem do pulverizador	3

	Uso de bicos projetados com diferentes ângulos de pulverização (37)	* Mau controle das plantas invasoras (a) * Geração de plantas invasoras resistentes ao produto (b)	2 2	* Não conferência do ângulo de pulverização dos bicos por ocasião da regulagem	1	1	* Detectivo: - conferência do ângulo dos bicos por ocasião da regulagem do pulverizador	2
8. Diferença máxima de 5 % na vazão dos bicos do pulverizador	Desgaste excessivo dos bicos (38)	* Mau controle das plantas invasoras (a) * Geração de plantas invasoras resistentes ao produto (b) * Mau controle das formigas (b) * Geração formigas resistentes ao produto (c)	1 1 1 1	* Atrito * Uso dos bicos por tempo superior à vida útil	2	1	* Detectivo: - conferência da vazão por ocasião da regulagem do pulverizador	2
9. Inclinação dos bicos leque em relação à barra do pulverizador, em 9 graus	Bicos leque com pequena inclinação do jato em relação à barra do pulverizador (39)	* Desuniformidade na distribuição dos produtos usados na pulverização (a) * Gotejamento por choque dos leques dos bicos (b)	2 2	* Desatenção do responsável técnico	1	1	* Preventivo: - uso de pulverizador com ajuste pré-fixado dos bicos * Detectivo: - conferência da inclinação dos bicos em relação à barra por ocasião da regulagem do pulverizador	2
10. Bicos do pulverizador com vazão preconizada	Vazão muito baixa dos bicos (40)	* Subdosagem, gerando má uniformidade na distribuição dos produtos (a)	3	* Bicos entupidos * Peneiras entupidadas * Desgaste por atrito	2	1	* Preventivo: - regulagem do pulverizador - limpeza dos bicos - uso de produtos com formulação líquida	6
	Vazão excessiva dos bicos (41)	* Superdosagem, gerando má uniformidade na distribuição dos produtos (a)	2	* Bicos gastos * Uso dos bicos por tempo superior à vida útil	2	1	* Preventivo: - regulagem do pulverizador - uso de produtos com formulação líquida	4

11. Distância de 50 cm entre os bicos e o alvo	Distância excessiva entre os bicos e o alvo (42)	* Subdosagem por evaporação da calda . (a) * Deriva (b)	2 2	* Erro na regulagem do pulverizador * Desatenção do responsável técnico	2 2	* Preventivo: - uso de bicos com ângulo de 110° para aplicação de herbicidas * Detectivo: - medição da distância barra-alvo por ocasião da regulagem do pulverizador	8
	Distância muito pequena entre os bicos e o alvo (43)	* Não ocorrência de trespasses entre os jatos de pulverização . (a) * Alvo não atingido . (b)	2 2	* Erro na regulagem do pulverizador * Desatenção do responsável técnico	2 2	* Preventivo: - uso de bicos com ângulo de 110° para aplicação de herbicidas * Detectivo: - medição da distância barra-alvo por ocasião da regulagem do pulverizador	8
12. Sistema de pulverização sem vazamentos	Vazamentos no sistema de pulverização (44)	* Não uniformidade de vazão (a) * Perda de pressão . (b) * Perda de produto . (c) * Poluição ambiental (d)	2 2 2 2	* Furos na mangueira * Desgaste de braçadeiras * Braçadeiras mal apertadas * Conexões quebradas * Mau ajuste dos bicos	3 1	* Detectivo: - visual, por ocasião da regulagem do pulverizador	6
13. Bom funcionamento do manômetro do pulverizador	Não funcionamento do manômetro do pulverizador (45)	* Subdosagem dos produtos usados em pulverização (a) * Superdosagem dos produtos usados em pulverização (b)	3 2	* Manômetro quebrado * Manômetro desregulado	2 1	* Detectivo: - checagem da correta marcação do manômetro por ocasião da regulagem do pulverizador	6

14. Pulverização com pressão entre 40 e 60 lib/pol ² para bicos leque	Pressão de pulverização menor que 40 lib/pol ² para bicos leque (46)	<ul style="list-style-type: none"> * Escorrimento das gotas nas folhas das plantas invasoras (a) 2 * Má distribuição do produto no alvo (b) 2 * Deficiente controle das ervas (c) 3 * Gotas muito grandes (d) 2 	<ul style="list-style-type: none"> * Erro de regulagem * Desatenção do operador quanto à rotação do motor * Oscilação da rotação do motor * Não funcionamento do tractômetro 	2	1	<ul style="list-style-type: none"> * Preventivo: <ul style="list-style-type: none"> - treinamento do operador * Detectivo: <ul style="list-style-type: none"> - checagem, por ocasião da regulagem do pulverizador, da correta marcação do manômetro - checagem, por ocasião da regulagem do pulverizador, da correta marcação do tractômetro 	6
	Pressão de pulverização maior que 60 lib/pol ² para bicos leque (47)	<ul style="list-style-type: none"> * Evaporação das gotas antes de atingirem o alvo (a) 3 * Maior deriva (b) 3 * Deficiente controle das ervas (c) 3 * Gotas muito pequenas (d) 3 	<ul style="list-style-type: none"> * Erro de regulagem * Desatenção do operador quanto à rotação do motor * Oscilação da rotação do motor * Não funcionamento do tractômetro 	2	1	<ul style="list-style-type: none"> * Preventivo: <ul style="list-style-type: none"> - treinamento do operador * Detectivo: <ul style="list-style-type: none"> - checagem, por ocasião da regulagem do pulverizador, da correta marcação do manômetro - checagem, por ocasião da regulagem do pulverizador, da correta marcação do tractômetro 	6
15. Bom funcionamento do tractômetro	Não funcionamento do tractômetro (48)	<ul style="list-style-type: none"> * Velocidade muito baixa (a) 2 * Superdosagem dos produtos usados em pulverização (b) 2 * Velocidade elevada (c) 3 * Subdosagem dos produtos usados em pulverização (d) 3 	* Tractômetro quebrado	1	1	<ul style="list-style-type: none"> * Detectivo: <ul style="list-style-type: none"> - checagem da correta marcação do tractômetro por ocasião da regulagem do pulverizador 	3

16. Pulverizador equipado com marcador de linha	Pulverizador sem marcador de linha (49)	* Faixas sem receber pulverização (a) * Deficiente controle das plantas invasoras * Deficiente controle das formigas (b) * Sobrepulverização (c) * Superdosagem (d)	2 2 2 1 1	* Falha administrativa visando gerar economia * Desatenção do assistente técnico	1 1	* Preventivo: - utilizar pulverizador equipado com marcador de linhas	2
17. Espuma de qualidade no marcador de linha	Uso de espuma de má qualidade no marcador de linha (50)	* Ausência de referência sobre a última linha pulverizada (a) * Faixas sem receber pulverização (b) * Sobrepulverização (c)	2 2 1	* Instabilidade da espuma nas condições ambientais	1 1	* Preventivo: - uso de espuma com boa estabilidade em condições ambientais * Detectivo: - visual e constante	1
18. Pulverização com ventos inferiores a 8 km/h	Pulverização com ventos excessivos (51)	* Deriva (a) * Má distribuição do produto no alvo (b) * Poluição ambiental (c)	3 3 1	* Ausência de treinamento do operador pelo responsável técnico * Inadequado treinamento do operador * Erro do operador	2 1	* Preventivo: - treinamento do operador sobre condições ambientais de pulverização * Detectivo: - monitoramento da velocidade do vento	6
19. Pulverização com temperatura inferior a 30 graus centígrados	Pulverização com temperatura elevada (52)	* Evaporação do produto antes de atingir o alvo (a) * Subdosagem (b) * Não absorção do herbicida pelas plantas invasoras (c) * Controle deficiente da plantas invasoras (d)	3 3 3 3	* Ausência de treinamento do operador pelo responsável técnico * Inadequado treinamento do operador * Erro do operador	2 1	* Preventivo: - treinamento do operador sobre condições ambientais de pulverização * Detectivo: - monitoramento da temperatura	6
20. Pulverização com umidade relativa do ar superior a 60 %	Baixa umidade relativa do ar (53)	* Evaporação do produto antes de atingir o alvo (a) * Subdosagem (b) * Não absorção do herbicida pelas plantas invasoras (c) * Controle deficiente da plantas invasoras (d)	3 3 3 3	* Ausência de treinamento do operador pelo responsável técnico * Inadequado treinamento do operador * Erro do operador	2 1	* Preventivo: - treinamento do operador sobre condições ambientais de pulverização * Detectivo: - monitoramento da umidade relativa do ar	6

21. Bom funcionamento do pulverizador	Parada na operação de pulverização (54)	* Atraso na operação (a)	1	* Pane na máquina	2	3	* Preventivo: - revisão da máquina antes da operação	6
22. Bom funcionamento do trator	Parada na operação de pulverização (55)	* Atraso na operação (a)	1	* Pane na máquina	2	3	* Preventivo: - revisão do trator antes da operação	6

4.11.3 Subprocesso semeadura

O subprocesso semeadura contempla, em sua estruturação, as condições de solo por ocasião da operação e a uniforme distribuição de fertilizantes e sementes efetuadas por semeadura tracionada mecanicamente, conforme os requisitos da cultura.

Segundo levantamento da Equipe FMEA, as causas, inclusas neste subprocesso, possíveis de influenciar negativamente no rendimento da canola, estão demonstradas na Figura 7 e relacionadas e explicadas em seqüência a ela.

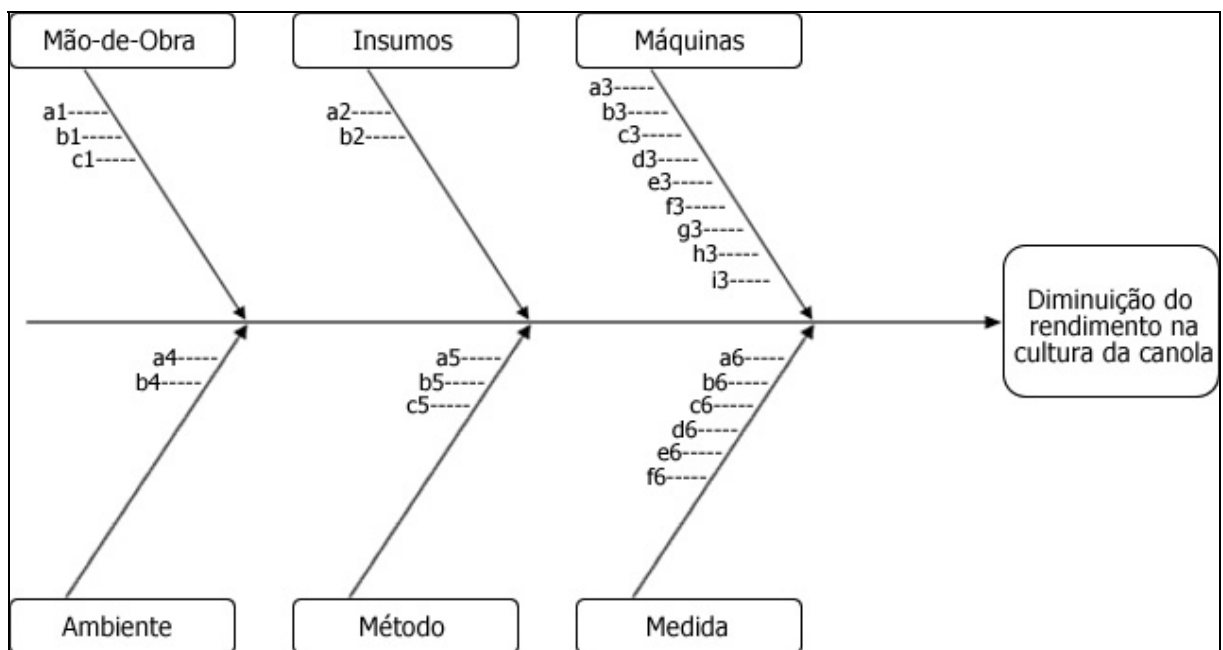


FIGURA 7 - Diagrama de causa e efeito de diminuição de rendimento de canola no subprocesso de semeadura

A explicitação e os comentários a respeito do diagrama de causa e efeito apresentado na Figura 7 encontram-se relacionados a seguir.

- Grupo mão-de-obra

a1. Erro do operador: o operador deve estar atento para as condições de umidade e temperatura do solo por ocasião da semeadura, pois em solo muito seco ou muito úmido, a canola tende a ter sua germinação diminuída (TOMM, 2003, p.10). Semeadura com solo muito frio também tende a diminuir a germinação. Em ambos os casos, a população de plantas pode ficar muito baixa, comprometendo o empreendimento.

b1. Falha/desatenção do auxiliar de semeadura: o desempenho do auxiliar de semeadura é fundamental para o sucesso da operação de semeadura, pois é ele que deve, visual e constantemente, verificar o bom funcionamento do sistema. De sua atenção depende muito a uniformidade de distribuição de adubos e sementes (não deixando faltar insumos nas caixas e detectando possíveis obstruções dos sistemas de distribuição dos insumos) e a adequada profundidade de deposição das sementes (conferência sistemática, efetuada diversas vezes durante um dia de cultivo).

c1. Erro do responsável técnico: o responsável técnico deve estar atento para que a semeadura possibilite espaçamento de 30 a 50 centímetros entre linhas, conforme preconizado por Tomm (2003, p.9).

- Grupo insumos

a2. Obstrução do sistema de distribuição de adubo: embora o fertilizante utilizado seja granulado, com NPK no grão, ocasionalmente pode ocorrer ligação dos grânulos, gerando obstrução do sistema de distribuição. Também é possível ocorrer acúmulo de terra nos discos de corte, gerando obstrução das saídas do fertilizante da máquina para o solo.

b2. Obstrução do sistema de distribuição de sementes: como os alvéolos são pequenos, com 3,5 milímetros de diâmetro, ocasionalmente, a semente pode conter impurezas que propiciem sua obstrução. Também é possível ocorrer acúmulo de terra nas aberturas de

saída das sementes da máquina para o solo, localizada logo após os sulcadores de linha de semedura.

- Grupo máquinas

a3. Inadequada amplitude de regulagem da semeadoura para distribuição de fertilizantes: deve permitir aplicação de fertilizantes e sementes na quantidade projetada, com oscilação máxima de 5 %.

b3. Disco de semedura inadequado: o disco utilizado para distribuição da semente deve permitir que a operação ocorra conforme o projetado, devendo ter furos de 3,5 mm de diâmetro, com oscilação máxima de 10 % na densidade de semedura.

c3. Inadequada amplitude do sistema de corte da semeadoura: a semeadoura deve propiciar bom corte do solo com textura 1 (argiloso), gerando sulcos para adubo e sementes com profundidade adequada sem, no entanto, revolver muito o solo. Segundo Tomm (2003, p.10), o sistema deve permitir deposição da semente no solo entre 1 a 2 centímetros.

d3. Mau sistema de corte da semeadoura: a semeadoura deve apresentar capacidade de cortar bem a palha remanescente de culturas anteriores, sem revolve-la excessivamente.

e3. Desgastes das engrenagens de distribuição de adubos e/ou sementes: o sistema de distribuição de insumos deve ser revisado antes do início da operação de semedura, uma vez que passível de desgaste com o tempo de uso.

f3. Quebra de corrente de regulagem da distribuição de adubos e/ou de sementes.

g3. Inadequada amplitude do sistema de cobertura das sementes: o sistema de cobertura deve permitir que as sementes fiquem cobertas em, no máximo, dois centímetros.

h3. Pane na semeadoura: a máquina deve estar revisada para diminuir possibilidade de pane que venha a atrasar a operação de semedura.

i3. Pane no trator: o mesmo deve estar revisado para diminuir possibilidade de pane que venha a atrasar a operação de semeadura.

- Grupo meio-ambiente

a4. Temperatura inadequada do solo: por ocasião da semeadura a temperatura do solo deve apresentar condições para desencadear o processo germinativo das sementes, não podendo estar muito fria. A medição é estimada por sensação térmica do operador.

b4. Umidade inadequada do solo: quando da operação de semeadura o solo deve apresentar condições de umidade adequada, sem estar encharcado ou excessivamente seco, sob pena de comprometer o sistema de corte da semeadoura, bem como a germinação das sementes.

- Grupo método

a5. Erro de regulagem da semeadoura: a máquina deve ser bem regulada, considerando o sistema de corte, de cobertura das sementes e distribuição de adubos e sementes. O corte e a cobertura são regulados a partir de observação a campo de seu desempenho. Para a distribuição dos insumos, suspende-se a semeadoura, mede-se o perímetro de sua roda, gira-se esta roda por 20 voltas, coletando as sementes expelidas, contando as sementes e pesando o fertilizante. As sementes devem atingir a quantidade de 16 a 24 por metro linear e o fertilizante 9 a 13,5 gramas por metro linear, conforme a adubação pretendida por hectare (200 a 300 quilogramas). Caso esses valores não sejam atingidos, deve-se mudar as engrenagens da corrente.

b5. Densidade de semeadura: é muito importante a correta densidade de semeadura, pois a densidade adequada de plantas é fundamental para o sucesso do empreendimento, além de se constituir em base do método cultural de controle de invasoras.

c5. Não conferência da regulagem da semeadoura a campo: apesar de efetuadas as regulagens do equipamento, há necessidade de conferir a campo seu real desempenho. Esta conferência é efetuada através da contagem das sementes que estão sendo introduzidas ao solo por metro linear, as quais, quando em acordo com o planejado, servem de parâmetro à

adubação efetivamente realizada, uma vez que a quantidade de sementes deve ser proporcional a determinada quantidade de adubo. Conforme Tomm (2002, p.11), a quantidade de fertilizantes a ser utilizada deve ser calculada conforme o resultado de análise do solo e da fórmula disponível, podendo variar de 200 a 300 quilogramas por hectare (SIQUEIRA, 1987, p.39).

- Grupo medida

a6. Incorreto espaçamento entre linhas: de acordo com Tomm (2003, p.9), o espaçamento entre linhas de canola deve variar de 30 a 50 centímetros, respeitando a densidade de 40 a 60 sementes aptas por metro quadrado. No caso em estudo é utilizado espaçamento de 45 centímetros.

b6. Profundidade inadequada de semeadura: as sementes devem ser depositadas no solo, entre 1 e 2 centímetros (TOMM, 2003, p.10).

c6. Distribuição inadequada de sementes: a quantidade de sementes colocadas no solo deve variar de 16 a 24 por metro linear, conforme o espaçamento utilizado entre linhas (TOMM, 2003, p.10).

d6. Distribuição inadequada de fertilizantes: a quantidade de fertilizante colocada no solo deve variar de 9 a 13,5 gramas por metro linear, conforme a adubação pretendida por hectare , (200 a 300 quilogramas).

e6. Distribuição desuniforme das sementes: as sementes devem ser distribuídas uniformemente, para gerar bom padrão de lavoura.

f6. Distribuição desuniforme do adubo: o adubo deve ser distribuído uniformemente, para gerar bom padrão de lavoura.

A construção da FMEA do subprocesso semeadura consta no Quadro 9.

QUADRO 9 – Aplicação da FMEA no subprocesso semeadura de canola

FMEA DE PROCESSO								
								FMEA nº 03
Item: Subprocesso semeadura								
Preparado por: Eng.Agrº Marcos Garrafa, garrafa@setrem.com.br, SETREM								
Programa: Cultivo de Canola								
Data Chave: colheita da cultura antecessora de inverno								
Data da FMEA (inicial): julho de 2003 (Revisada): abril de 2004								
Equipe: Marcos Garrafa, Eng. Agrº; Valdir Antonio Benedetti, Técnico em Agropecuária; Osmar Ferrazza, Operador de Máquinas; Jair Sancandi, Operador de Máquinas e Assistente de Operações; Ricardo Link, Técnico em Agropecuária do Cliente; Nereu Reidel, Cliente.								
Requisito	Modo de falha potencial	Efeito potencial da falha	S	Causas e mecanismos potenciais de falhas	O	D	Controles do processo	N P R
1. Espaço de 30 a 50 cm entre linhas	Menos de 30 cm entre linhas (56)	* Excessiva densidade (a) * Deficiente desenvolvimento vegetativo das plantas (b) * Deficiente desenvolvimento reprodutivo (c)	3 3 3	* Erro do responsável técnico na preconização do espaçamento * Erro de regulagem da semeadeira	1	1	* Preventivo: - regulagem da semeadeira - uso de espaçamento conforme preconizado pela pesquisa	3
	Mais de 50 cm entre linhas (57)	* Baixa densidade (a) * Mau sombreamento do solo (b)	4 3	* Erro do responsável técnico na preconização do espaçamento * Erro de regulagem da semeadeira	1	1	* Preventivo: - regulagem da semeadeira - uso de espaçamento conforme preconizado pela pesquisa	1

2. Uniformidade de distribuição de adubo	Distribuição desuniforme do adubo (58)	* Subdosagem de adubo (a) 4 * Carência alimentar das plantas (b) 4 * Adubação excessiva (c) 1 * Custo adicional por excesso de adubo (d) 2	* Obstrução do sistema de distribuição de adubo * Falha do auxiliar de semeadura * Desgaste das engrenagens de distribuição de adubo * Quebra de corrente de distribuição de adubo * Não conferência da regulagem a campo * Inadequado treinamento do operador e do auxiliar de operação	3	3	* Detectivo: - visual e constante - checagem periódica das regulagens durante operação de semeadura	36
3. Uniformidade de distribuição de sementes	Distribuição desuniforme de sementes (59)	* Baixa densidade . (a) 4 * Excessiva densidade (b) 4	* Obstrução do sistema de distribuição de sementes * Falha do auxiliar de semeadura * Desgaste das engrenagens de distribuição de sementes * Quebra de corrente de distribuição de sementes * Não conferência da regulagem a campo * Inadequado treinamento do operador e do auxiliar de operação	3	2	Detectivo: - visual e constante - contagem periódica das sementes distribuídas por metro linear - checagem das regulagens durante operação de semeadura	24

4. Distribuição de 200 a 300 Kg de adubo/ha	Distribuição de mais de 300 kg de adubo/há (60)	* Superdosagem de adubo (a) 2 * Aumento do custo de produção (b) 2	* Inadequada amplitude de regulagem da semeadeira para fertilizantes * Erro de regulagem * Desatenção do auxiliar de semeadura * Não conferência de regulagem a campo * Inadequado treinamento do operador e do auxiliar de operação	3	2	*Preventivo: - inspeção da amplitude por ocasião da regulagem - regulagem da semeadeira * Detectivo: - inspeção a campo durante a semeadura	12
	Distribuição de menos de 200 kg de adubo/há (61)	* Subdosagem de adubo (a) 4 * Carência alimentar das plantas (b) 4	* Inadequada amplitude de regulagem da semeadeira para fertilizantes * Erro de regulagem * Desatenção do auxiliar de semeadura por término do adubo na caixa * Não conferência de regulagem a campo * Inadequado treinamento do operador e do auxiliar de operação	3	3	*Preventivo: - inspeção da amplitude por ocasião da regulagem - regulagem da semeadeira * Detectivo: - inspeção a campo durante a semeadura	36

5. Distribuição de 16 a 24 sementes aptas por metro linear	Distribuição de menos de 16 sementes aptas por metro linear (62)	<ul style="list-style-type: none"> * Baixa densidade (a) * Mau sombreamento do solo por baixa densidade (b) * Aumento de plantas invasoras (c) 	4 3 3	<ul style="list-style-type: none"> * Inadequada amplitude de regulagem da semeadeira para sementes * Erro de regulagem * Desatenção do auxiliar de semeadura por término da semente nas caixas * Não conferência de regulagem a campo * Inadequado treinamento do operador e do auxiliar de operação 	2	2	<ul style="list-style-type: none"> *Preventivo: - inspeção da amplitude por ocasião da regulagem - regulagem da semeadeira * Detectivo: - inspeção a campo durante a semeadura com contagem de sementes distribuídas por metro linear 	16
	Distribuição de mais de 24 sementes aptas por metro linear (63)	<ul style="list-style-type: none"> * Densidade excessiva (a) * Aumento do custo de produção (b) * Competição excessiva das plantas por água, luz e nutrientes (c) * Acamamento (d) * Deficiente insolação para realização da fotossíntese (e) * Potencialização das doenças (f) 	4 2 4 3 3 3	<ul style="list-style-type: none"> * Inadequada amplitude de regulagem da semeadeira para sementes * Erro de regulagem * Disco de semeadura inadequado * Desatenção do auxiliar de semeadura * Não conferência de regulagem a campo * Inadequado treinamento do operador e do auxiliar de operação 	4	3	<ul style="list-style-type: none"> *Preventivo: - inspeção da amplitude por ocasião da regulagem - regulagem da semeadeira * Detectivo: - inspeção a campo durante a semeadura com contagem de sementes distribuídas por metro linear 	48

6. Profundidade de sementeira: 1 a 2 cm	Profundidade de sementeira maior que 2 cm (64)	* Baixa densidade de plantas na lavoura (a)	3	<ul style="list-style-type: none"> * Inadequada amplitude de regulagem do sistema de corte da semeadeira * Inadequada amplitude de regulagem do sistema de cobertura das sementes * Erro de regulagem * Desatenção do auxiliar de sementeira * Solo muito úmido 	2	2	<ul style="list-style-type: none"> * Preventivo: <ul style="list-style-type: none"> - sementeira em condições adequadas de umidade do solo * Detectivo: <ul style="list-style-type: none"> - conferência a campo da profundidade de deposição da semente - conferência a campo do sistema de cobertura das sementes 	12
	Sementes descobertas (65)	* Baixa densidade de plantas na lavoura (a)	4	<ul style="list-style-type: none"> * Inadequada amplitude de regulagem das rodas compactadoras * Inadequada amplitude de regulagem do sistema de cobertura das sementes * Solo muito seco * Erro de regulagem * Desatenção do auxiliar de sementeira * Não conferência de regulagem a campo * Inadequado treinamento do operador e do auxiliar de operação 	2	2	<ul style="list-style-type: none"> * Preventivo: <ul style="list-style-type: none"> - sementeira em condições adequadas de umidade do solo * Detectivo: <ul style="list-style-type: none"> - conferência a campo da profundidade de deposição da semente - conferência a campo do sistema de cobertura das sementes - conferência a campo da regulagem das rodas compactadoras 	16

4.11.4 Subprocesso tratos culturais

O subprocesso tratos culturais de canola está focado em todas as operações efetuadas na cultura entre a semeadura e a colheita, tais como o controle de plantas invasoras, pragas e doenças e aplicação de adubação em cobertura.

Segundo levantamento da Equipe FMEA, as causas, inclusas neste subprocesso, possíveis de influenciar negativamente no rendimento da canola, estão demonstradas na Figura 8 e relacionadas e explicadas em seqüência a ela.

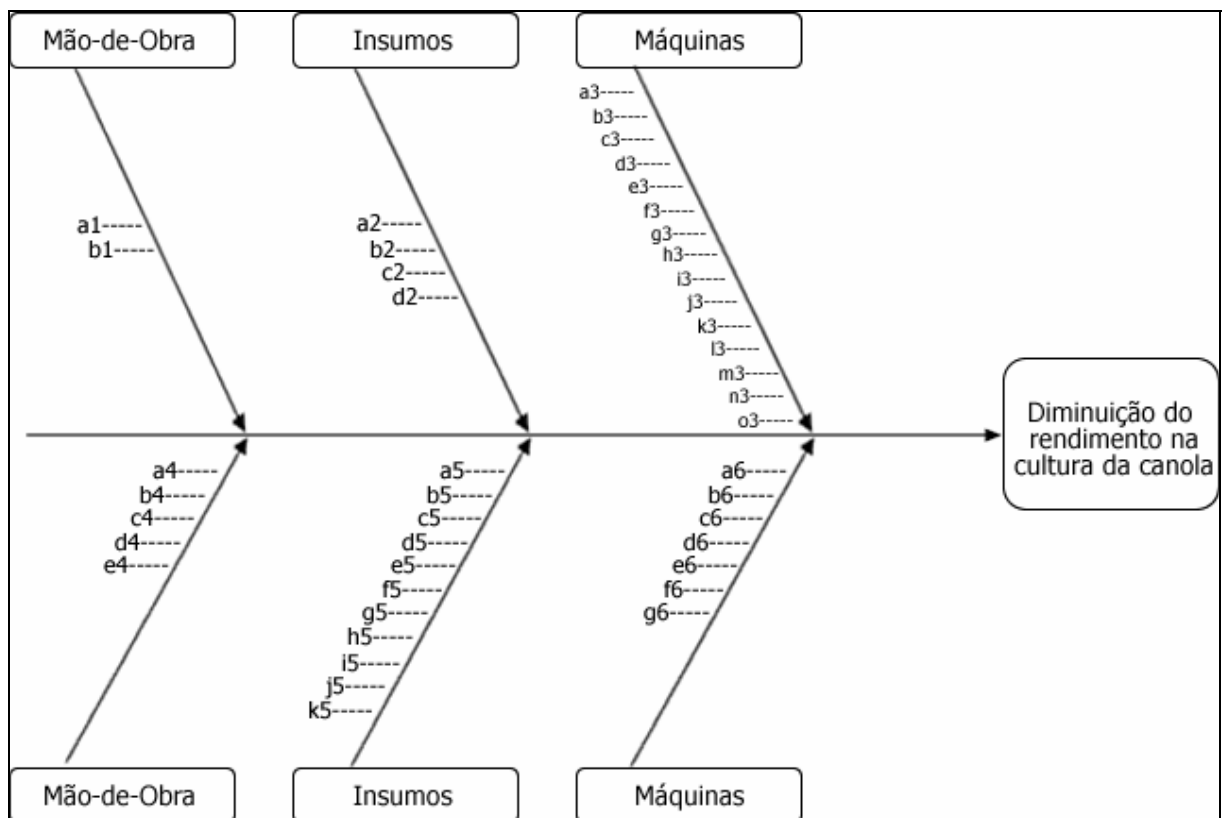


FIGURA 8 - Diagrama de causa e efeito de diminuição de rendimento de canola no subprocesso tratos culturais

A explicitação e os comentários a respeito do diagrama de causa e efeito apresentado na Figura 8 encontram-se relacionados a seguir.

- Grupo mão-de-obra:

a1. Erro/desatenção do responsável técnico: o responsável técnico deve estar atento para o tipo de bico a ser usado em cada operação de pulverização, para a distância entre os bicos e o alvo, de 0,5 metro, para bicos leque com ângulo de 110° (VELOSO, GASSEN & JACOBSEN, 1984, p.18), para a inclinação dos bicos em relação à barra de pulverização, que deve ser de aproximadamente 9° (VELOSO, GASSEN & JACOBSEN, 1984, p.21), para a existência de marcador de linha no pulverizador, a correta regulagem do pulverizador e o adequado treinamento do operador). Também deve estar atento quanto ao momento correto de controlar as pragas e as plantas invasoras monocotiledôneas, preconizando adequadamente os controles. Outro aspecto merecedor de atenção especial é a correta prescrição da dose de nitrogênio em cobertura a ser utilizada, a qual, somada à adubação nitrogenada da base, deve somar o total de nitrogênio apontado pela análise de solo (TOMM, 2003, p.12).

b1. Erro/desatenção do operador: o operador deve tomar cuidado para não ocorrerem falhas na preparação da calda de pulverização, tais como, subdosagem dos produtos e não preparação de pasta de produto pó molhável antes de adicioná-lo ao tanque do pulverizador. Também deve estar atento para as condições ambientais por ocasião da aplicação de agrotóxicos e manter a rotação do motor do trator constante durante a operação de pulverização, conforme projetado na regulagem do pulverizador. Outro aspecto que exige atenção do operador é a correta distribuição do adubo nitrogenado em cobertura.

- Grupo insumos:

a2. Herbicida inadequado: o herbicida a ser usado para controle das plantas invasoras monocotiledôneas em pós-emergência deve ser capaz de controlá-las adequadamente. No local do estudo é usado o fenoxaprop-p-ethyl + clethodim (marca comercial Podium S).

b2. Inseticida inadequado: o inseticida a ser usado para controle das traças das crucíferas e/ou pulgões deve ser capaz de controlá-las adequadamente. No local do estudo são utilizados os produtos diflubenzurom e pirimicarb, para traças e pulgões, respectivamente (marcas comerciais Dimilin e Pirimor 50 PM).

c2. Atrito da calda com os bicos: um fator gerador de aumento de vazão dos bicos do pulverizador é o atrito da calda, sobretudo quando aplicados produtos com formulação pó molhável. Portanto, a averiguação da vazão por ocasião da regulagem do pulverizador deve ser observada.

d2. Má qualidade da espuma do marcador de linhas: a espuma utilizada para marcar as linhas de pulverização deve ter estabilidade suficiente para, nas condições ambientais, permitir sua visualização pelo tempo necessário a pulverização da faixa adjacente a marcada.

- Grupo máquinas:

a3. Mau funcionamento do trator: o mesmo deve estar revisado para diminuir possibilidade de pane que venha a atrasar a operação de manejo.

b3. Mau funcionamento do pulverizador: o pulverizador deve estar revisado para diminuir a possibilidade de pane que venha a atrasar a operação de manejo.

c3. Ausência de marcador de linha de pulverização: a existência de marcador de linhas no pulverizador é muito importante para garantir cobertura total da área de aplicação. Sem marcador de linhas podem ocorrer faixas de lavoura sem receber os produtos, comprometendo os objetivos da operação, seja por presença de plantas invasoras que atuarão como infestantes, seja por presença de formigas que poderão ocasionar danos consideráveis.

d3. Mau funcionamento do espalhador de adubo a lanço: o espalhador de adubo deve estar revisado para diminuir a possibilidade de pane que venha a atrasar a operação, uma vez que ela deve ser efetuada quando as plantas estiverem com quatro a seis folhas verdadeiras (TOMM, 2003, p.12). Portanto, período curto de tempo.

e3. Mau funcionamento do manômetro do pulverizador: sem adequado funcionamento do manômetro do pulverizador não é possível efetuação de regulagem com qualidade, uma vez que ficará comprometida a uniformidade de distribuição dos produtos, bem como potencializada a alteração da dosagem pretendida. Caso o manômetro não estiver funcionando adequadamente, deve ser substituído por um novo.

f3. Mau funcionamento do tractômetro: a uniformidade de distribuição dos produtos é uma variável diretamente dependente da uniformidade da rotação do motor do trator, a qual deve ser constantemente conferida pelo operador por visualização da marcação do tractômetro.

g3. Oscilação da rotação do motor do trator durante pulverização: a uniformidade na rotação do motor do trator é fator que afeta diretamente a qualidade da pulverização, uma vez que, acarretando diferentes velocidades, comprometerá a uniformidade da distribuição da calda. Portanto, o operador deve estar atento durante a operação para que a rotação seja mantida constante.

h3. Modelo inadequado de bico do pulverizador: para aplicação de agrotóxicos em superfícies planas, como na aplicação de herbicida, devem ser utilizados preferencialmente bicos leque (VELOSO, GASSEN & JACOBSEN, 1984, p.17). Para aplicação de inseticidas, deve ser dada preferência ao uso de bicos cônicos, pois, segundo Veloso, Gassen & Jacobsen (1984, p.26), o maior tamanho médio de gotas que ele proporciona “é ideal para penetrar na folhagem de uma cultura”, necessidade premente no controle de insetos.

i3. Ângulo inadequado dos bicos do pulverizador: para aplicações efetuadas com bico do tipo leque, a prioridade deve ser dada àqueles com ângulo de abertura de 110°, os quais, segundo Veloso, Gassen & Jacobsen (1984, p.18), “melhor absorvem as oscilações de altura de condução da barra, devido a característica destes de trespassarem os jatos mais de uma vez”. Os bicos cônicos apresentam ângulo aproximado de 70° (VELOSO, GASSEN & JACOBSEN, 1984, p.26).

j3. Bicos com vazões diferentes: por ocasião da regulagem do pulverizador, os bicos devem ser conferidos um a um para evitar a ocorrência, na mesma barra, de bicos de diferentes modelos, vazões ou ângulos, fato que comprometeria a uniformidade de distribuição dos produtos.

k3. Bicos desgastados: todos os bicos da barra de pulverização, uma vez que sofrem desgaste por atrito, devem ter sua vazão averiguada, não podendo esta variar mais que

5 % do preconizado(VELOSO, GASSEN & JACOBSEN, 1984, p.26). Caso algum bico ultrapassar este parâmetro, deve ser substituído por novo.

13. Bicos entupidos: o entupimento dos bicos não é comum em aplicações de agrotóxicos de formulação líquida e com veículo (água) oriunda de fonte limpa, no entanto, é interessante o operador estar atento, verificando visual e sistematicamente a vazão. O uso do princípio ativo pirimicarb no controle de pulgões requer cuidado especial neste aspecto, uma vez que ele apresenta formulação pó molhável. Antes de adicionar o veneno no tanque do pulverizador, deve ser preparada uma pasta, diluindo bem o pó em água.

m3. Peneiras entupidadas: o entupimento das peneiras não é comum em aplicações de agrotóxicos de formulação líquida e com veículo (água) oriunda de fonte limpa, no entanto, é interessante o operador estar atento, verificando visual e sistematicamente a vazão. O uso de pirimicarb no controle de pulgões requer cuidado especial neste aspecto, uma vez que o produto apresenta formulação pó molhável. Antes de adicionar o veneno no tanque do pulverizador, deve ser preparada uma pasta, diluindo bem o pó em água.

n3. Vazamentos no pulverizador: o pulverizador deve estar livre de vazamentos, os quais comprometem a boa distribuição do produto, além de acarretarem impacto ambiental indesejável. Por ocasião da regulagem do pulverizador, devem ser substituídas as mangueiras que apresentarem furos, as conexões quebradas e as braçadeiras gastas. Também deve haver preocupação em apertar adequadamente as braçadeiras e ajustar bem os bicos do pulverizador.

o3. Inadequada amplitude de regulagem do espalhador de adubo a lanço: o espalhador de adubo a lanço deve ter amplitude de regulagem que permita distribuir a quantidade preconizada do adubo nitrogenado em cobertura. No presente estudo, deve permitir distribuição de 100 e de 150 quilogramas de uréia por hectare.

- Grupo ambiente:

a4. Pulverização de herbicidas com umidade inadequada do solo: por ocasião da aplicação de herbicida não pode haver estresse hídrico, sob pena do produto não ser absorvido pelas plantas invasoras, uma vez que nestas condições elas diminuem drasticamente seu metabolismo (REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 2003, p.93).

b4. Pulverização de herbicidas na iminência de ocorrência de geadas: a ocorrência de geadas também ocasiona diminuição no metabolismo das plantas, dificultando a absorção dos herbicidas pelas invasoras (REUNIÃO DA COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 2004, p.100).

c4. Pulverização com ventos excessivos: segundo a Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul (2003, p.93), é necessário “suspender a aplicação quando ocorrer vento com mais de 8 km/h”. Ventos fortes geram deriva e evaporação, diminuindo a uniformidade de deposição dos agrotóxicos no alvo.

d4. Pulverização sob alta temperatura ambiente: temperaturas altas geram evaporação dos produtos antes de atingirem o alvo, comprometendo sua eficácia. A Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul (2003, p.93) recomenda que “a temperatura do ar ótima para aplicação está na faixa de 20° a 30 ° C, evitando-se aplicar com temperatura do ar inferior a 10 °C e superior a 30°C”.

e4. Pulverização sob baixa umidade relativa do ar: a umidade relativa do ar influencia as características físicas da calda aplicada. A Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul (2003, p.93) indica que se deve efetuar aplicação de agrotóxicos “apenas quando a umidade relativa do ar for superior a 60 %”.

- Grupo método:

a5. Erro na regulagem do pulverizador: a regulagem do pulverizador deve seguir uma sistemática pré-determinada e todos seus componentes devem ser checados, sobretudo a vazão dos bicos, individualmente, não podendo diferenciar mais que 5 % do preconizado. O erro de regulagem também pode ocorrer por utilização de pressão inadequada no manômetro ou estipulação de inadequada rotação do motor do trator.

b5. Erro no treinamento do operador: o responsável técnico deve treinar o operador, observando-o atuar a campo, corrigindo possíveis equívocos. É fundamental que o operador compreenda o sistema de regulagem do pulverizador para corrigir eventuais problemas que venham a ocorrer por ocasião da pulverização. Para tanto, o responsável

técnico deve checar o entendimento da regulagem por parte do operador, questionando-o a respeito de soluções que daria a problemas que por ventura viessem ocorrer.

c5. Aplicação de herbicida em estágio inadequado das plantas invasoras: as plantas invasoras de folha estreita devem ser controladas em pós-emergência no estágio de desenvolvimento de 2 a 4 folhas (REUNIÃO DA COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 2004, p.101).

d5. Mau controle das plantas invasoras monocotiledôneas em pós-emergência: a aplicação de herbicida em pós-emergência não deve ser efetuada em condições de estresse hídrico e condições ambientais adversas. Também deve haver cuidado com o uso de bico e produtos adequados, conforme já explicitado nos itens anteriores.

e5. Mau controle das traças das crucíferas: o não controle das traças das crucíferas pode acarretar danos significativos à cultura. Esta praga deve ser controlada sempre que ocorrer infestação generalizada de lagartas e cerca de 10 % de desfolha (DOMICIANO, 1996, p.11). A aplicação de inseticida não deve ser efetuada em condições ambientais adversas. Também deve haver cuidado com o uso de bico e produtos adequados, conforme já explicitado nos itens anteriores.

f5. Mau controle dos pulgões das crucíferas: o não controle dos pulgões das crucíferas pode acarretar danos significativos à cultura. Esta praga deve ser controlada quando se detectar cerca de 25 % de plantas com infestação nas inflorescências (DOMICIANO, 1996, p.11). A aplicação de inseticida não deve ser efetuada em condições ambientais adversas. Também deve haver cuidado com o uso de bico e produtos adequados, conforme já explicitado nos itens anteriores.

g5. Equivocada inclinação do jato do bico leque em relação à barra: a inclinação dos bicos leque em relação à barra de pulverização deve ser de aproximadamente 9° (VELOSO, GASSEN & JACOBSEN, 1984, p.21).

h5. Erro na projeção da pressão de pulverização: conforme Veloso, Gassen & Jacobsen (1984, p.23) “a pressão ótima para bicos do tipo leque está entre 40 a 60 lib/pol²”. Os mesmos autores indicam para bicos cônicos pressão de 150 a 300 lib/pol² (1984, p.28).

i5. Uso de bicos por tempo superior à sua vida útil: os bicos devem ser utilizados em pulverização pelo tempo de vida útil que apresentam. Este tempo varia com o tipo de bico e o material com o qual ele foi construído.

j5. Erro na regulagem do espalhador de adubo a lanço: o espalhador de adubo a lanço tem um sistema de marcação de dose aplicada muito inexato. Portanto, a escala nele contida não pode servir de referência para sua regulagem. A regulagem deste equipamento é feita por tentativa, ou seja, espalham-se 50 quilogramas do insumo pretendido, medindo a área de distribuição. Posteriormente, calcula-se a dose por hectare. Conforme a necessidade, aciona-se o sistema responsável pela abertura ou fechamento da boca do equipamento, pela qual são expelidos os grânulos do insumo. Após, repete-se o procedimento anteriormente citado, até que a dosagem expelida seja igual a pretendida. Apesar de trabalhosa, esta regulagem é muito importante, uma vez que a adubação nitrogenada de cobertura tem alto impacto no resultado da cultura.

- Grupo medida:

a6. Erro na medição da pressão de pulverização: a pressão de pulverização, conforme já explicitado anteriormente, deve variar, para bicos do tipo leque, de 40 a 60 lib/pol². Para bicos cônicos, de 150 a 300 lib/pol². A leitura deve ser feita atentamente e com os bicos em funcionamento, uma vez que, com os bicos fechados, a pressão marcada no manômetro é sempre maior que a da operação a campo.

b6. Erro de medida da vazão dos bicos de pulverização: para medir a vazão dos bicos deve-se utilizar preferencialmente copo medidor com escala em milímetros, uma vez que tem menor diâmetro e, portanto, reduz possibilidade de erro de leitura por desnível.

c6. Erro na distância entre os bicos e o alvo de pulverização: para bicos leque com ângulo de 110° a distância entre os bicos e o alvo deve ser de 0,5 metro (VELOSO, GASSEN & JACOBSEN, 1984, p.18). O responsável técnico deve atentar para este detalhe importante, pois maior distância pode acarretar evaporação da calda antes de atingir o alvo. Menor distância pode acarretar plantas altas sem molhagem adequada pelo herbicida. Para bicos cônicos a distância entre os bicos e o alvo não assume importância significativa.

d6. Erro na dosagem do herbicida: ao colocar o herbicida no tanque do pulverizador, o operador deve medir adequadamente a dose, utilizando, para tanto, copo graduado em milímetros. Subdosagem ou superdosagem pode acarretar surgimento de plantas invasoras resistentes ao produto.

e6. Erro na dosagem dos inseticidas: ao colocar o inseticida no tanque do pulverizador, o operador deve medir adequadamente a dose, utilizando, para tanto, copo graduado em milímetros. Subdosagem ou superdosagem pode acarretar surgimento de pragas resistentes ao produto, gerando reincidência.

f6. Erro na determinação do nível de dano das pragas: a traça das crucíferas deve ser controlada sempre que ocorrer infestação generalizada de lagartas e cerca de 10 % de desfolha (DOMICIANO, 1996, p.11). Para os pulgões, o nível de dano é de 25 % de plantas com infestação nas inflorescências (DOMICIANO, 1996, p.11). Para ocorrer o controle das pragas em tempo hábil, são necessárias vistorias semanais na lavoura, acentuando-se à medida que as pragas começarem a surgir.

g6. Erro na dosagem do adubo nitrogenado aplicado em cobertura: a deficiência de nitrogênio é um fator que pode afetar decisivamente o rendimento da lavoura, principalmente sua carência após o estágio C 2, qual seja, entrenós visíveis, com vestígios da ramificação principal. Portanto, não deve ocorrer falha no cálculo da dose necessária, por ocasião da interpretação da análise de solo, nem na regulagem do espalhador do adubo.

A construção da FMEA do subprocesso tratos culturais está demonstrada no Quadro 10.

QUADRO 10 – Aplicação da FMEA no subprocesso tratos culturais de canola

FMEA DE PROCESSO								
							FMEA nº 04	
Item: Subprocesso tratos culturais								
Preparado por: Eng.Agrº Marcos Garrafa, garrafa@setrem.com.br, SETREM								
Programa: Cultivo de Canola								
Data Chave: colheita da cultura antecessora de inverno								
Data da FMEA (inicial): julho de 2003 (Revisada): abril de 2004								
Equipe: Marcos Garrafa, Eng. Agrº; Valdir Antonio Benedetti, Técnico em Agropecuária; Osmar Ferrazza, Operador de Máquinas; Jair Sancandi, Operador de Máquinas e Assistente de Operações; Ricardo Link, Técnico em Agropecuária do Cliente; Nereu Reidel, Cliente.								
Requisito	Modo de falha potencial	Efeito potencial da falha	S	Causas e mecanismos potenciais de falhas	O	D	Controles atuais do processo	N P R
1. Correto controle de plantas invasoras monocotiledôneas em pós-emergência	Mau controle das plantas invasoras monocotiledôneas em pós-emergência (72)	Remanescente de plantas invasoras monocotiledôneas competindo com a cultura (a)	3	Utilização de herbicida inadequado Aplicação de subdosagem do herbicida pós-emergente Aplicação do produto em período de estiagem Ocorrência de geada logo após aplicação do produto Bicos inadequados no pulverizador Aplicação do produto em estágio inadequado das ervas Erro do operador	2	2	Preventivo: - aquisição de produto recomendado para dessecação - regulagem do pulverizador - uso de dosagem recomendada - não efetuar aplicação caso haja previsão de geada - utilização de bicos leque - treinamento do operador Detectivo: - efetuar aplicação com ervas no estágio de 2 a 4 perfilhos - monitoramento das condições de umidade no solo	12

2. Inclinação dos bicos leque em relação à barra do pulverizador, em 9 graus para bicos leque	Bicos leque com pequena inclinação do jato em relação à barra do pulverizador (73)	* Não uniformidade na distribuição dos produtos usados na pulverização (a) 2 * Gotejamento por choque dos leques dos bicos (b) 2	* Desatenção do responsável técnico	1	1	* Preventivo: - uso de pulverizador com ajuste pré-fixado dos bicos * Detectivo: - conferência da inclinação dos bicos em relação à barra por ocasião da regulagem do pulverizador	2
3. Pulverização com pressão entre 40 e 60 lib/pol ² para bicos leque	Pressão de pulverização menor que 40 lib/pol ² para bicos leque (74)	* Escorrimento das gotas nas folhas das plantas invasoras (a) 2 * Má distribuição do produto no alvo (b) 2 * Deficiente controle das ervas (c) 3 * Gotas muito grandes (d) 2	* Erro de regulagem * Desatenção do operador quanto à rotação do motor * Oscilação da rotação do motor * Não funcionamento do tractômetro	2	1	* Preventivo: - treinamento do operador * Detectivo: - checagem, por ocasião da regulagem do pulverizador, da correta marcação do manômetro - checagem, por ocasião da regulagem do pulverizador, da correta marcação do tractômetro	6
	Pressão de pulverização maior que 60 lib/pol ² para bicos leque (75)	* Evaporação das gotas antes de atingirem o alvo (a) 3 * Maior deriva (b) 3 * Deficiente controle das ervas (c) 3 * Gotas muito pequenas (d) 3	* Erro de regulagem * Desatenção do operador quanto à rotação do motor * Oscilação da rotação do motor * Não funcionamento do tractômetro	2	1	* Preventivo: - treinamento do operador * Detectivo: - checagem, por ocasião da regulagem do pulverizador, da correta marcação do manômetro - checagem, por ocasião da regulagem do pulverizador, da correta marcação do tractômetro	6

4. Correto controle de traças das crucíferas	Não controle de traça das crucíferas (76)	* Desfolhamento (a) 4 * Diminuição de fotossíntese (b) 3 * Mau desenvolvimento reprodutivo da cultura (c) 4	* Erro do responsável técnico na determinação do nível de dano da praga	2	1	* Detectivo: - monitoramento da praga até a floração plena, com controle ao atingir 10 % de área foliar destruída	8
	Mau controle de traça das crucíferas (77)	* Remanescência de traças na lavoura (a) 3 * Reincidência das traças das crucíferas (b) 3	* Aplicação de subdosagem do inseticida * Utilização de inseticida inadequado * Bicos inadequados no pulverizador * Erro do operador	2	1	* Preventivo: - treinamento do operador - regulagem do pulverizador - uso de dosagem recomendada - utilização de bicos cônicos ou bicos duplo leque - utilização de produto fisiológico, com maior persistência e seletividade	6
5. Correto controle de pulgões	Não controle de pulgões (78)	Plantas mal formadas devido sucção da seiva das folhas (a) 3 Síliquas chochas e mal formadas por sucção da seiva (b) 4	* Erro do responsável técnico na determinação do nível de dano da praga	2	1	Detectivo: - monitoramento da praga até a maturação fisiológica da cultura, com controle quando atingidas 25 % das ramificações	8
	Mau controle dos pulgões (79)	* Remanescência de pulgões na lavoura (a) 3 * Reincidência de pulgões (b) 3	* Aplicação de subdosagem do inseticida * Utilização de inseticida inadequado * Bicos inadequados no pulverizador * Erro do operador	2	1	* Preventivo: - treinamento do operador - regulagem do pulverizador - uso de dosagem recomendada - utilização de bicos cônicos ou bicos duplo leque - utilização de produto fisiológico, com maior persistência e seletividade	6

6. Correto tipo de bico para controle de pragas	Utilização de bicos inadequados para o controle de pragas (80)	* Incapacidade do bico em gerar penetração da calda na massa cultural · (a) 3 * Mau controle das pragas (b) 3	* Medida de economia * Existência de um só tipo de bico na propriedade * Erro do responsável técnico na prescrição da receita	1	1	* Preventivo: - utilização de jogo de bicos cônicos ou bicos duplo leque * Detectivo: - por ocasião da regulagem do pulverizador	3
7. Pulverização com pressão entre 150 e 300 lib/pol ² para bicos cônicos	Pressão de pulverização menor que 150 lib/pol ² para bicos cônicos (81)	* Má distribuição do produto no alvo · (a) 3 * Deficiente controle das pragas · (b) 3 * Gotas muito grandes (c) 2	* Erro de regulagem * Desatenção do operador quanto à rotação do motor * Oscilação da rotação do motor * Não funcionamento do tractômetro	2	1	* Preventivo: - treinamento do operador * Detectivo: - checagem, por ocasião da regulagem do pulverizador, da correta marcação do manômetro - checagem, por ocasião da regulagem do pulverizador, da correta marcação do tractômetro	6
	Pressão de pulverização maior que 300 lib/pol ² para bicos cônicos (82)	* Evaporação das gotas antes de atingirem o alvo (a) 3 * Maior deriva (b) 3 * Deficiente controle das pragas · (c) 3 * Gotas muito pequenas (d) 3	* Erro de regulagem * Desatenção do operador quanto à rotação do motor * Oscilação da rotação do motor * Não funcionamento do tractômetro	2	1	* Preventivo: - treinamento do operador * Detectivo: - checagem, por ocasião da regulagem do pulverizador, da correta marcação do manômetro - checagem, por ocasião da regulagem do pulverizador, da correta marcação do tractômetro	6

11. Distância de 50 cm entre os bicos e o alvo	Distância excessiva entre os bicos e o alvo (88)	* Subdosagem por evaporação da calda . (a) 2 2 * Deriva . (b)	* Erro na regulagem do pulverizador . 2 2 * Desatenção do responsável técnico	2	2	* Preventivo: - uso de bico leque com ângulo de 110° para aplicação de herbicidas . * Detectivo: - medição da distância barra-alvo por ocasião da regulagem do pulverizador	8
	Distância muito pequena entre os bicos e o alvo (89)	* Não ocorrência de trespasses entre os jatos de pulverização . (a) 2 2 * Alvo não atingido . (b)	* Erro na regulagem do pulverizador . 2 2 * Desatenção do responsável técnico	2	2	* Preventivo: - uso de bico leque com ângulo de 110° para aplicação de herbicidas . * Detectivo: - medição da distância barra-alvo por ocasião da regulagem do pulverizador	8
12. Sistema de pulverização sem vazamentos	Vazamentos no sistema de pulverização (90)	* Desuniformidade de vazão . (a) 2 2 * Perda de pressão . (b) 2 2 * Perda de produto . (c) 1 1 * Poluição ambiental . (d)	* Furos na mangueira . 2 2 * Desgaste de braçadeiras . 2 2 * Braçadeiras mal apertadas . 1 1 * Conexões quebradas . 1 1 * Mau ajuste dos bicos	2	1	* Detectivo: - visual, por ocasião da regulagem do pulverizador	4
13. Bom funcionamento do manômetro do pulverizador	Não funcionamento do manômetro do pulverizador (91)	* Subdosagem dos produtos usados em pulverização . (a) 3 3 * Superdosagem dos produtos usados em pulverização . (b)	* Manômetro quebrado . 2 2 * Manômetro desregulado	2	1	* Detectivo: - checagem da correta marcação do manômetro por ocasião da regulagem do pulverizador	6

14. Bom funcionamento do tractômetro	Não funcionamento do tractômetro (92)	* Velocidade muito baixa (a) 2 * Superdosagem dos produtos usados em pulverização (b) 2 * Velocidade elevada (c) 3 * Subdosagem dos produtos usados em pulverização (d) 3	* Tractômetro quebrado * Tractômetro desregulado	1	1	* Detectivo: - checagem da correta marcação do tractômetro por ocasião da regulação do pulverizador	3
15. Pulverizador equipado com marcador de linha	Pulverizador sem marcador de linha (93)	* Faixas sem receber pulverização (a) 2 * Deficiente controle das plantas invasoras (b) 2 * Deficiente controle das pragas (c) 1 * Sobrepulverização (d) 1 * Superdosagem (e)	* Falha administrativa visando gerar economia * Desatenção do assistente técnico	1	1	* Preventivo: - utilizar pulverizador equipado com marcador de linhas	2
16. Espuma de qualidade no marcador de linha	Uso de espuma de má qualidade no marcador de linha (94)	* Ausência de referência sobre a última linha pulverizada (a) 2 * Faixas sem receber pulverização (b) 2 * Sobrepulverização (c) 1	* Instabilidade da espuma nas condições ambientais	1	1	* Preventivo: - uso de espuma com boa estabilidade em condições ambientais * Detectivo: - visual e constante	2
17. Pulverização com ventos inferiores a 8 km/h	Pulverização com ventos excessivos (95)	* Deriva (a) 3 * Má distribuição do produto no alvo (b) 3 * Poluição ambiental (c) 1	* Ausência de treinamento do operador pelo responsável técnico * Inadequado treinamento do operador * Erro do operador	2	1	* Preventivo: - treinamento do operador sobre condições ambientais de pulverização * Detectivo: - monitoramento da velocidade do vento	6

18. Pulverização com temperatura inferior a 30 graus centígrados	Pulverização com temperatura elevada (96)	<ul style="list-style-type: none"> * Evaporação do produto antes de atingir o alvo (a) 3 * Subdosagem (b) 3 * Não absorção do herbicida pelas plantas invasoras (c) 3 * Controle deficiente da plantas invasoras (d) 3 * Controle deficiente das pragas (e) 3 	<ul style="list-style-type: none"> * Ausência de treinamento do operador pelo responsável técnico * Inadequado treinamento do operador * Erro do operador 	2	1	<ul style="list-style-type: none"> * Preventivo: <ul style="list-style-type: none"> - treinamento do operador sobre condições ambientais de pulverização * Detectivo: <ul style="list-style-type: none"> - monitoramento da temperatura 	6
19. Pulverização com umidade relativa do ar superior a 60 %	Baixa umidade relativa do ar (97)	<ul style="list-style-type: none"> * Evaporação do produto antes de atingir o alvo (a) 3 * Subdosagem (b) 3 * Não absorção do herbicida pelas plantas invasoras (c) 3 * Controle deficiente da plantas invasoras (d) 3 * Controle deficiente das pragas (e) 3 	<ul style="list-style-type: none"> * Ausência de treinamento do operador pelo responsável técnico * Inadequado treinamento do operador * Erro do operador 	2	2	<ul style="list-style-type: none"> * Preventivo: <ul style="list-style-type: none"> - treinamento do operador sobre condições ambientais de pulverização * Detectivo: <ul style="list-style-type: none"> - monitoramento da umidade relativa do ar 	12
20. Adubação de cobertura com suprimento de N, somado ao N aplicado na base, atingindo 60 kg/ha	Insuficiente suprimento de N em cobertura (98)	<ul style="list-style-type: none"> * Carência alimentar das plantas (a) 4 * Mau desenvolvimento vegetativo (b) 3 * Mau desenvolvimento reprodutivo (c) 4 * Deficiente formação de óleo e proteína (d) 3 	<ul style="list-style-type: none"> * Erro do responsável técnico na preconização da adubação * Erro de regulagem do espalhador de adubo a lança * Erro do operador * Inadequada amplitude de regulagem do equipamento espalhador de adubo a lança * Inadequado treinamento do operador e do auxiliar de operação 	2	1	<ul style="list-style-type: none"> * Preventivo: <ul style="list-style-type: none"> - adubação conforme análise de solo e necessidades nutricionais da cultura - regulagem do espalhador de adubo a lança * Detectivo: <ul style="list-style-type: none"> - inspeção da amplitude do espalhador por ocasião da regulagem - inspeção a campo durante a aplicação 	8

	Excessivo suprimento de N em cobertura (99)	* Crescimento excessivo das plantas (e) 3 * Acamamento (f) 3 * Aumento do custo de produção (g) 2	3 3 2	* Erro do responsável técnico na preconização da adubação * Erro de regulagem do espalhador de adubo a lança * Erro do operador * Inadequada amplitude de regulagem do equipamento espalhador de adubo a lança	1 1	* Preventivo: - adubação conforme análise de solo e necessidades nutricionais da cultura - regulagem do espalhador de adubo a lança * Detectivo: - inspeção da amplitude do espalhador por ocasião da regulagem - inspeção a campo durante a aplicação	3
21. Bom funcionamento do pulverizador	Parada na operação de pulverização (100)	* Atraso na operação (a)	1	* Pane na máquina	2 3	* Preventivo: - revisão do pulverizador antes da operação	6
22. Bom funcionamento do trator	Parada na operação de pulverização (101)	* Atraso na operação (a)	1	* Pane na máquina	2 3	* Preventivo: - revisão do trator antes da operação	6
23. Bom funcionamento do espalhador de adubo a lança	Parada na operação de aplicação de nitrogênio em cobertura (102)	* Atraso na operação (a)	3	* Pane na máquina	2 3	* Preventivo: - revisão do espalhador antes da operação	18

4.11.5 Subprocesso colheita

O subprocesso colheita de canola contempla, em sua estruturação, o ponto ideal de colheita e a correta regulagem da colheitadeira automotriz.

Segundo levantamento da Equipe FMEA, as causas, inclusas neste subprocesso, possíveis de influenciar negativamente no rendimento da canola, estão demonstradas na Figura 9 e relacionadas e explicadas em seqüência a ela.

A explicitação e os comentários a respeito do diagrama de causa e efeito apresentado na Figura 9 encontram-se relacionados a seguir.

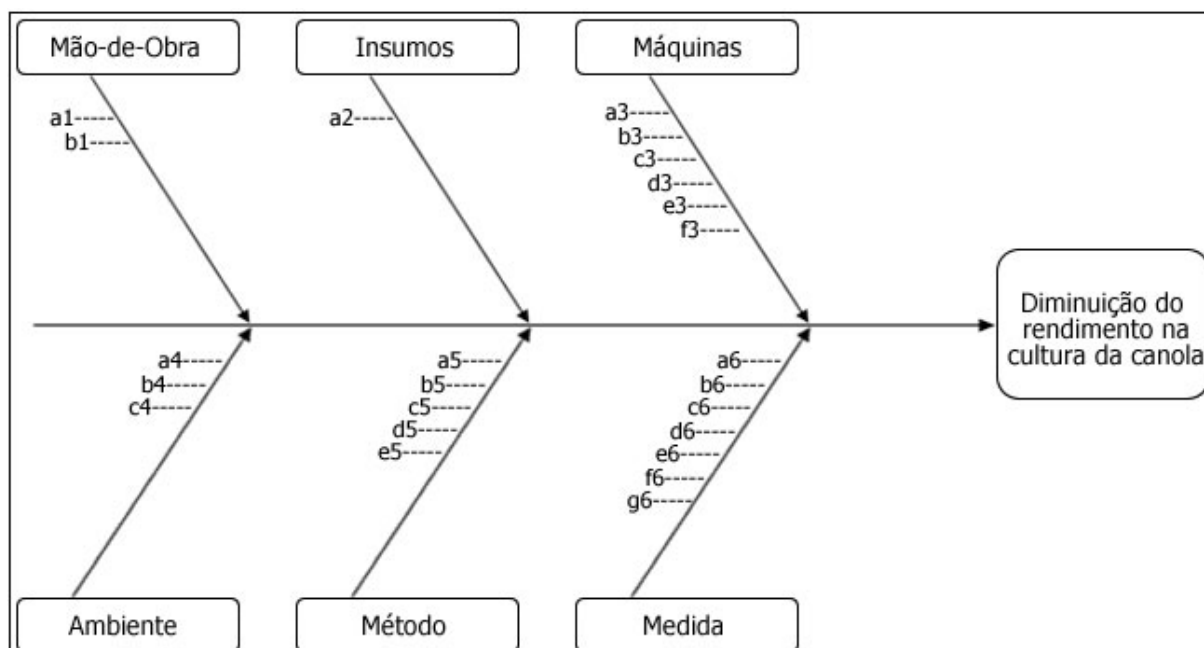


FIGURA 9 - Diagrama de causa e efeito de diminuição de rendimento de canola no subprocesso colheita

- Grupo mão-de-obra

a1. Erro/negligência do responsável técnico: o responsável técnico deve garantir as adaptações que a colheitadeira universal necessita para estar apta a colher canola, a adequada regulagem da colheitadeira, a vedação dos locais passíveis de saída de grãos, seja da colhedora, seja dos veículos de transporte. Outra preocupação do responsável técnico deve ser a determinação do melhor momento de colheita. Em ambos os casos, se ele não agir, estará incorrendo em erro e as perdas poderão ser acentuadas.

b1. Erro do operador: o operador deve também se preocupar com os ajustes da máquina colheitadeira, sobretudo a altura de corte, o recuo, a altura e a velocidade do molinete, a rotação do cilindro, abertura do côncavo e a regulagem das peneiras durante o dia. Outro aspecto de sua responsabilidade é o momento do dia a ser realizada a colheita e o início desta pelas áreas isentas de plantas invasoras. Além do exposto, o operador é co-responsável pela regulagem da colheitadeira. Negligenciar qualquer dos aspectos citados acarreta perdas consideráveis e leva o operador a incorrer em erro.

- Grupo insumos

a2. Colheita com inadequada umidade dos grãos: a colheita da canola deve ser efetuada com umidade máxima de 18 % (TOMM, 2003, p.19). Colheita com umidade mais elevada que este teor acarreta excessivos descontos no volume físico dos grãos. Para determinar o momento ideal de colheita deve ocorrer monitoramento diário da umidade a partir do momento em que o terço mediano do caule principal apresentar 40 a 60 % das sementes com cor marrom (TOMM, 2003, p.19).

- Grupo máquinas

a3. Mau funcionamento da colheitadeira: por ocasião do início da colheita, a colheitadeira deve estar revisada para diminuir a possibilidade de pane que venha a atrasar a operação.

b3. Não adaptação da colheitadeira: a colheitadeira universal deve ser adaptada para evitar perdas excessivas. Para tanto, Tomm (2003, p.20) recomenda a retirada do arco divisor da lateral da plataforma, a colocação de mangueira com ½ polegada de diâmetro em toda a largura da plataforma de corte, logo atrás das navalhas e a redução do número de aspas do molinete.

c3. Peneiras inadequadas: as peneiras devem ter de 2 a 4 milímetros de abertura (TOMM, 2003, p.20).

d3. Não regulagem das peneiras durante a operação de colheita: a regulagem das peneiras durante a operação de colheita é uma prática muito importante, uma vez que durante o dia “as variações de temperatura e umidade alteram o teor de umidade da palha e dos grãos” (TOMM, 2002, p.20).

e3. Não vedação dos elevadores e locais de vazamento de grãos: Tomm (2003, p.20) recomenda que a base dos elevadores e todos os locais da colheitadeira por onde possam vazar grãos sejam vedados com fita crepe ou silicone. É muito fácil ocorrer perda de grãos de canola por vazamentos, uma vez que pequenos.

f3. Não vedação das carrocerias dos veículos de transporte de grãos: vide item anterior.

- Grupo ambiente

a4. Antecipação da colheita por previsão de chuvas: como a canola não tem maturação totalmente uniforme e suas siliquis são suscetíveis de deiscência, a previsão de chuvas tende a gerar antecipação das colheitas, acarretando descontos excessivos por umidade e perda de grãos por má debulha (siliquis verdes). Para ocorrer uma decisão acertada, é necessário o monitoramento diário da lavoura a partir do ponto de maturação fisiológica.

b4. Impossibilidade de colheita em momento adequado por ocorrência de chuvas: ocorrendo chuvas no momento em que a lavoura se encontra em condições de colheita, as perdas serão elevadas, podendo, inclusive, comprometer todo o empreendimento. Portanto, o monitoramento diário da lavoura a partir do ponto de maturação fisiológica é fundamental, bem como o acompanhamento das previsões climáticas.

c4. Ocorrência de ventos fortes: ventos fortes também ocasionam perdas elevadas à canola pronta para ser colhida, pois ao balançar as plantas acarreta abertura das siliquis e, portanto, deiscência.

- Grupo método

a5. Erro de amostragem de colheita para verificação da umidade dos grãos: o adequado monitoramento da umidade dos grãos de canola, visando determinação do momento de colheita, requer a retirada de amostra de grãos da lavoura, pela colheitadeira, a fim de ter sua umidade medida. A amostra deve ser representativa da gleba e levada a unidade de recebimento de grãos para verificação do teor de umidade. Cabe salientar que a umidade dos grãos de canola pode baixar bruscamente, o que evidencia ainda mais a necessidade de monitoramento diário.

b5. Início da colheita por áreas infestadas com plantas invasoras: as áreas infestadas por plantas invasoras devem ser as últimas a serem colhidas, para que elas não sejam disseminadas (TOMM, 2003, p.19).

c5. Colheita em hora inadequada do dia: qualquer hora do dia em que for efetuada a operação de colheita da canola, nas condições climáticas do local do estudo, ocorrerão problemas. Colheitas efetuadas nas primeiras horas da manhã diminuem as perdas por debulha na plataforma, no entanto, “o elevado peso da massa verde que precisa passar pela colheitadeira torna mais difícil a separação dos grãos” (TOMM, 2003, p.19). Por outro lado, colheitas realizadas nas horas mais quentes do dia terão como inconveniente a perda por debulha na plataforma. Segundo Tom (2003, p.19), mesmo assim, “no Rio Grande do Sul, freqüentemente é preferível colher nas horas mais quentes do dia”.

d5. Inadequado treinamento do operador: o responsável técnico deve treinar o operador, observando-o atuar a campo, corrigindo possíveis equívocos. É fundamental que o operador compreenda o sistema de regulagem da colheitadeira para corrigir eventuais problemas que venham a ocorrer por ocasião da operação. Para tanto, o responsável técnico deve checar o entendimento da regulagem por parte do operador, questionando-o a respeito de soluções que daria a problemas que por ventura viessem ocorrer.

e5. Não limpeza da colheitadeira após operação: a colheitadeira deve ser limpa quando passar para outras áreas e após o término da operação, com o que “diminuirá a ocorrência de plantas voluntárias e proliferação de doenças e pragas” (TOMM, 2003, p.20).

- Grupo medida

a6. Má regulagem do molinete: o molinete deve ser regulado adequadamente e, para tanto, segundo Tomm (2003, p.20) é necessário observar que esteja recuado, com número de “aspas” reduzido, a uma altura que propicie só as “aspas” serem introduzidas no cultivo e com velocidade pouco superior à de deslocamento da colheitadeira. A inobservância destas regulagens propiciará perda por debulha de síliquas.

b6. Altura inadequada da barra de corte: a barra de corte deve estar localizada a uma altura que permita cortar as plantas logo abaixo dos primeiros ramos produtivos.

c6. Altura muito baixa do caracol: a altura do caracol deve ser suficiente para encaminhar as plantas à correia alimentadora, sem, no entanto, causar debulha excessiva de síliquas (TOMM, 2003, p.20).

d6. Inadequada velocidade do ventilador: a velocidade do ventilador deve ser tal que permita a limpeza da massa de grãos sem ocasionar perdas (TOMM, 2003, p.20). Estas perdas podem ocorrer pois, devido ao diminuto peso e tamanho dos grãos da canola, eles podem ser lançados para fora da colheitadeira se a velocidade do ventilador for muito elevada.

e6. Incorreta abertura do côncavo: segundo Tomm (2003, p.20), o côncavo deve ter abertura maior que a usada em trigo, ou seja, maior que 10 milímetros (REUNIÃO DA COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 2004, p.132). Abertura muito pequena poderá ocasionar quebra de grãos e muito grande, má debulha.

f6. Velocidade inadequada do cilindro: Tomm (2003, p.20) ensina que a velocidade do cilindro deve ser menor que a utilizada para cereais, devendo situar-se entre 400 e 600 rotações por minuto. Rotação muito alta poderá gerar quebra de grãos e muito baixa, má debulha.

g6. Erro na leitura da umidade da amostra: uma vez retirada a amostra de grãos para verificação da umidade, se faz necessário que a leitura efetuada na unidade de recebimento de grãos seja correta. O grande risco é de leitura equivocada, indicando teor de umidade maior que o real, o que acarretará postergação da colheita, podendo gerar grandes perdas.

A construção da FMEA do subprocesso colheita está demonstrada no Quadro 11. Cabe salientar que a codificação numérica dos modos de falha está apresentada em seqüência à dos Quadros 7, 8, 9 e 10.

QUADRO 11 – Formulário de entrada da FMEA do subprocesso colheita de canola

FMEA DE PROCESSO								FMEA nº 05
Item: Subprocesso colheita								
Preparado por: Eng.Agrº Marcos Garrafa, garrafa@setrem.com.br, SETREM								
Programa: Cultivo de Canola								
Data Chave: colheita da cultura antecessora de inverno								
Data da FMEA (inicial): julho de 2003 (Revisada): abril de 2004								
Equipe: Marcos Garrafa, Eng. Agrº; Valdir Antonio Benedetti, Técnico em Agropecuária; Osmar Ferrazza, Operador de Máquinas; Jair Sancandi, Operador de Máquinas e Assistente de Operações; Ricardo Link, Técnico em Agropecuária do Cliente; Nereu Reidel, Cliente.								
Requisitos	Modo de falha potencial	Efeito potencial da falha	S	Causas e mecanismos potenciais de falhas	O	D	Controles atuais do processo	N P R
1. Efetuação de colheita em momento adequado	Colheita com teor de umidade dos grãos maior que 18 % (103)	* Grãos muito úmidos (a) * Excessivos descontos por umidade (b) * Presença de grãos verdes (c) * Presença de grãos mal formados (d) * Má debulha (e) * Excessivo desconto por impurezas (f)	4 4 2 2 3 2	* Erro do responsável técnico * Amostra de grãos para checagem de umidade não representativa da lavoura * Erro na leitura da umidade da amostra * Erro do operador * Inadequado treinamento do operador e do auxiliar de operação	3	3	* Detectivo: - monitoramento da umidade a partir do momento em que 40-60 % das sementes das síliquas da parte central do caule principal mudarem da cor verde para marrom - retirada de amostra para verificação em aparelho medidor de umidade	48
	Colheita com teor de umidade dos grãos muito baixa (104)	* Debulha (a) * Perda de grãos (b) * Quebra de grãos no processo de trilha (c) * Excessivo desconto por impurezas (d)	3 4 2 2	* Erro do responsável técnico * Amostra de grãos para checagem de umidade não representativa da lavoura * Erro na leitura da umidade da amostra * Erro do operador * Inadequado treinamento do operador e do auxiliar de operação	2	2	* Detectivo: - monitoramento da umidade a partir do momento em que 40-60 % das sementes das síliquas da parte central do caule principal mudarem da cor verde para marrom - retirada de amostra para verificação em aparelho medidor de umidade	16

	Realização de colheita no início da manhã e final de tarde (105)	* Elevado peso de massa verde que passa pela colheitadeira (a) 2 * Dificuldade de separação dos grãos da palha (b) 3	* Erro do operador * Amostra de grãos para checagem de umidade não representativa da lavoura * Antecipação da colheita por previsão de chuva * Inadequado treinamento do operador	2	1	* Detectivo: - colher uma amostra, verificando o comportamento das síliquas quanto ao toque e a presença de grãos na palha lançada à lavoura	6
	Realização de colheita nas horas mais quentes e secas do dia (106)	* Síliquas muito secas e sensíveis ao toque (a) 3 * Excessiva debulha na plataforma (b) 3	* Erro do operador * Amostra de grãos para checagem de umidade não representativa da lavoura * Antecipação da colheita por previsão de chuva * Inadequado treinamento do operador	2	1	* Detectivo: - colher uma amostra, verificando o comportamento das síliquas quanto ao toque e a presença de grãos na palha lançada à lavoura	6
	Impossibilidade de realizar a operação em momento adequado (107)	* Debulha (a) 5 * Excesso de umidade (b) 4	* Chuvas * Ventos fortes	3	4	* Preventivo: - Antecipação da colheita	60
2. Começo da colheita pelas áreas livres de plantas daninhas	Iniciar colheita nas áreas infestadas com plantas daninhas (108)	* Disseminação de espécies daninhas em áreas livres das mesmas (a) 2	* Erro do operador * Inadequado treinamento do operador	2	1	* Preventivo: - Treinamento do operador * Detectivo: - observar as áreas livres de plantas daninhas e as infestadas	4
3. Retirada do arco divisor da lateral da plataforma	Não retirar o arco divisor da lateral da plataforma (109)	* Debulha pelo toque do arco nas plantas (a) 2 * Perda de grãos (b) 2	* Erro do responsável técnico * Erro do operador	3	1	* Preventivo: - Treinamento do operador - retirada do arco na preparação da colheitadeira para a operação de colheita	6

4. Fixação de mangueira de ½” atrás das navalhas, em toda largura da plataforma	Não colocação de mangueira atrás das navalhas em toda extensão da plataforma (110)	* Queda de grãos ao solo devido à inclinação das plantas em direção à barra de corte (a) 3 * Perda de grãos (b) 3	* Negligência do responsável técnico 2 1	* Preventivo: - colocação da mangueira após as navalhas na preparação da colheitadeira para a operação de colheita 6
5. Redução do número de “aspas” do molinete	Não redução do número de “aspas” do molinete (111)	* Debulha das síliquis por contato com as “aspas” (a) 3 * Perda de grãos (b) 3	* Negligência do responsável técnico 2 * Erro do operador 1 * Inadequado treinamento do operador	* Preventivo: - Treinamento do operador 6 - retirar duas “aspas” a cada três, por ocasião da preparação da colheitadeira
6. Regulagem do molinete	Não efetuar recuo do molinete (112)	* Debulha das síliquis por contato das plantas com as barras do molinete (a) 2 * Perda de grãos (b) 2	* Negligência do responsável técnico 2 * Erro do operador 1 * Inadequado treinamento do operador	* Preventivo: - Treinamento do operador 4 * Detectivo: - regulagem do recuo do molinete, permitindo que apenas as “aspas” se introduzam na cultura
	Não efetuar ajuste da altura do molinete (113)	* Debulha das síliquis por contato das plantas com as barras do molinete (a) 2 * Perda de grãos (b) 2	* Negligência do responsável técnico 1 * Erro do operador 1 * Inadequado treinamento do operador	* Preventivo: - Treinamento do operador 2 * Detectivo: - regulagem da colhedora, permitindo que apenas as “aspas” sejam introduzidas na cultura
	Velocidade muito alta do molinete (114)	* Debulha de síliquis por impacto muito forte do molinete com as plantas (a) 3 * Perda de grãos (b) 3	* Negligência do responsável técnico 2 * Erro do operador 1 * Inadequado treinamento do operador	* Preventivo: - Treinamento do operador 6 * Detectivo: - regulagem da colhedora, mantendo a velocidade do molinete pouco superior à de deslocamento da máquina

	Velocidade muito baixa do molinete (115)	* Debulha das sílikas por tempo excessivo de contato dos molinetes com a cultura (a) 2 * Perda de grãos (b) 2	* Negligência do responsável técnico * Erro do operador * Inadequado treinamento do operador	2	1	* Preventivo: - Treinamento do operador * Detectivo: - regulagem da colhedora, mantendo a velocidade do molinete pouco superior à de velocidade de deslocamento da máquina	4
7. Adequada altura da barra de corte	Corte muito baixo das plantas (116)	* Debulha das sílikas devido o impacto das navalhas com o caule (a) 2 * Perda de grãos (b) 2	* Negligência do responsável técnico * Erro do operador	2	1	* Preventivo: - Treinamento do operador * Detectivo: - visual e constante, com corte realizado logo abaixo dos primeiros ramos produtivos	4
	Corte muito alto das plantas (117)	* Sílikas aderidas ao caule, sem serem colhidas (a) 2 * Perda de grãos (b) 2	* Erro do operador	1	1	* Detectivo: - visual e constante, com corte realizado logo abaixo dos primeiros ramos produtivos	2
8. Ajuste da altura do caracol	Altura muito baixa do caracol (118)	* Debulha excessiva das sílikas antes de serem conduzidas ao alimentador (a) 2 * Grãos ficam depositados na plataforma (b) 2	* Negligência do responsável técnico * Erro do operador * Inadequado treinamento do operador	2	1	* Preventivo: - Treinamento do operador * Detectivo: - visual, por ocasião da colheita	4
9. Velocidade adequada do ventilador	Velocidade do ventilador muito alta (119)	* Lançamento de grãos junto com as impurezas, face seu pequeno tamanho e peso (a) 3 * Perda de grãos (b) 3	* Negligência do responsável técnico * Erro do operador * Inadequado treinamento do operador	1	1	* Preventivo: - Treinamento do operador * Detectivo: - visual, por ocasião da colheita	3

	Velocidade do ventilador muito baixa (120)	* Má separação das impurezas dos grãos (a) * Excesso de impurezas (b)	2 2	* Negligência do responsável técnico * Erro do operador * Inadequado treinamento do operador	2 1	* Preventivo: - Treinamento do operador * Detectivo: - visual, por ocasião da colheita	4
10. Velocidade do cilindro entre 400-600 rpm	Velocidade do cilindro maior que 600 rpm (121)	* Quebra de grãos (a) * Aumento de impurezas (b)	3 2	* Negligência do responsável técnico * Erro do operador * Inadequado treinamento do operador	1 1	* Detectivo: - visual, por colheita de amostra, verificando a qualidade dos grãos	3
	Velocidade do cilindro menor que 400 rpm (122)	* Má debulha (a) * Perda de grãos (b)	3 2	* Negligência do responsável técnico * Erro do operador * Inadequado treinamento do operador	1 1	* Detectivo: - visual, por colheita de amostra, verificando a presença de grãos na palha lançada à lavoura	3
11. Abertura do côncavo entre 10-12 mm	Abertura do côncavo menor que 10 mm (123)	* Quebra de grãos (a) * Aumento de impurezas (b)	3 2	* Negligência do responsável técnico * Erro do operador * Inadequado treinamento do operador	2 1	* Preventivo: - Treinamento do operador * Detectivo: - visual, por colheita de amostra, verificando a qualidade dos grãos	6
	Abertura do côncavo maior que 12 mm (124)	* Má debulha (a) * Perda de grãos (b)	3 3	* Negligência do responsável técnico * Erro do operador * Inadequado treinamento do operador	1 1	* Preventivo: - Treinamento do operador * Detectivo: - visual, por colheita de amostra, verificando a presença de grãos na palha lançada à lavoura	3

12. Uso de peneiras de 2 a 4 mm no saca-palhas	Uso de peneiras maiores que 4 mm no saca-palhas (125)	* Má separação dos grãos da palha (a) 2 * Aumento de impurezas (b) 2 * Presença de palha na massa de grãos (c) 2 * Aumento de umidade (d) 2	* Negligência do responsável técnico * Erro do operador * Inadequado treinamento do operador	1	1	* Preventivo: - Treinamento do operador - colocação de peneiras adequadas por ocasião do início da operação de colheita	2
13. Regulagem das peneiras durante a operação de colheita	Não regulagem das peneiras durante a operação de colheita (126)	* Má separação dos grãos da palha em função da alteração da umidade da palha e dos grãos devido a variações de temperatura e umidade (a) 4 * Perda de grãos junto com a palha lançada à lavoura (b) 4 * Aumento de impurezas (c) 3	* Negligência do responsável técnico * Negligência do operador * Inadequado treinamento do operador	2	2	* Preventivo: - Treinamento do operador * Detectivo: - visual, realizando vários ajustes das peneiras durante o dia	16
14. Bom funcionamento da colheitadeira	Parada na operação de colheita (127)	* Atraso na operação (a) 3	* Pane na máquina	2	2	* Preventivo: - revisão da máquina antes da operação de colheita	12
15. Vedação de equipamentos na colheita	Não vedação dos elevadores e de outros locais da colhedora onde possam vaziar grãos (128)	* Grãos muito pequenos, acarretando vazamento por frestas da colheitadeira (a) 3 * Perda de grãos (b) 3	* Negligência do responsável técnico * Erro do operador	2	2	* Preventivo: - Treinamento do operador - vedação dos locais com fita crepe ou silicone	12
	Não vedação das carrocerias dos veículos de transporte (129)	* Grãos muito pequenos, acarretando vazamento por frestas das carrocerias dos veículos (a) 3 * Perda de grãos (b) 3	* Negligência do responsável técnico * Erro do motorista do veículo de transporte	2	2	* Preventivo: - Treinamento do motorista do veículo de transporte - vedação das carrocerias com fita crepe ou silicone ou colocação de lona na carroceria	12

16. Limpeza da colheitadeira após a colheita	Não limpeza da colheitadeira após a colheita (130)	* Disseminação de sementes da cultura (a)	1	* Negligência do responsável técnico * Erro do operador	2	1	* Preventivo: - Treinamento do operador - limpeza da colheitadeira sempre que mudar de área e de cultura	2
		* Proliferação de pragas e doenças (b)	1					
		* Ocorrência de plantas voluntárias em outras áreas (c)	1					

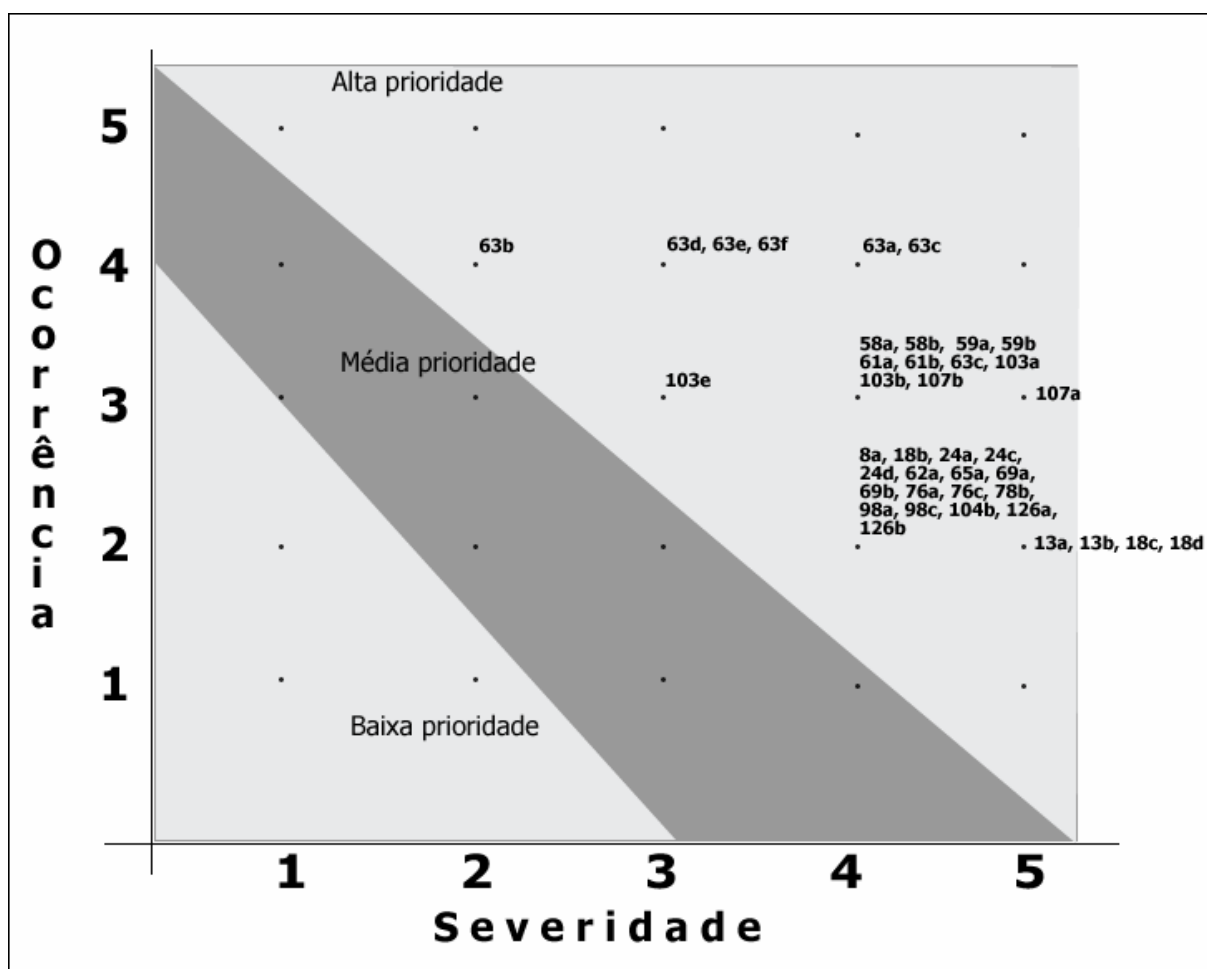
4.12 Priorização de causas potenciais de falhas

Para efetuar a priorização dos modos potenciais falhas em processos, a FMEA utiliza um método quantitativo, o qual, conforme exposto no item 2.1.2.11, pode ser aplicado de duas formas. A primeira abordagem considera o produto dos índices da severidade dos efeitos dos modos de falha, da ocorrência destes modos e da possibilidade de sua detecção. Este produto é denominado Número de Prioridade de Risco, NPR, e indica a priorização das causas potenciais de falha conforme os maiores resultados atingidos. No presente estudo, o NPR pode variar de 1 a 125, uma vez que os parâmetros estimados para severidade, ocorrência e detecção, contemplam cinco níveis cada. A segunda forma de priorização de causas potenciais de falhas leva em consideração apenas a severidade e a ocorrência, desconsiderando a detecção, e tem abordagem gráfica, construída a partir do cruzamento dos valores dos índices considerados, em um gráfico de áreas.

Como todos os modos potenciais de falha arrolados apresentaram NPR abaixo do ponto médio da escala, ou seja, 75, o segundo procedimento foi escolhido pela Equipe para aplicação na FMEA de cultivo da canola na Escola-Fazenda da SETREM. A não ocorrência de NPR acima de 75 demonstra haver utilização de bom nível tecnológico e de controle dos processos na propriedade estudada e, portanto, a utilização do indicador NPR poderá não agregar a qualificação esperada, uma vez que, devido a NPRs baixos, poderá deixar de priorizar modos de falha importantes, seja pela severidade de seus efeitos, seja pela frequência de sua ocorrência.

Foi estabelecido pela Equipe FMEA que todos os efeitos que resultem em um grau de severidade igual a cinco (diminuição superior a 50 % na produção) devem ser considerados como característica de controle. Portanto, foi estabelecido o grau cinco da Escala de Severidade como ponto inicial da fronteira de alta prioridade no gráfico de áreas. Para definir a região de alta prioridade, também foi estabelecido, como ponto final desta

fronteira, o grau cinco da Escala de Ocorrência. Para fronteira de média prioridade foi estabelecida a região compreendida pela ligação dos pontos três da Escala de Severidade e quatro da Escala de Ocorrência, até a fronteira de alta prioridade. Em conformidade com o exposto, o Gráfico de Áreas ficou estabelecido conforme demonstrado na Figura 10, com as prioridades sendo definidas pelos pontos resultantes do encontro do grau de severidade (eixo horizontal) com o índice de ocorrência (eixo vertical) de cada um dos modos e efeitos de potenciais falhas, anteriormente listados, localizados na área de alta prioridade.



Fonte: (adaptado de Palady, 2002, p.133)

FIGURA 10 - Gráfico de área dos modos e efeitos potenciais de falha com alta prioridade de risco em processo de cultivo de canola

A Figura 10 demonstra que 18 são os modos potenciais de falha prioritários de risco no cultivo de canola da Escola-Fazenda da SETREM, gerando 38 efeitos merecedores

de atenção especial por parte da Equipe FMEA para estruturação de plano de ações preventivas.

Os modos potenciais de falha e seus respectivos efeitos, com alta prioridade de risco, portanto, prioritários de atenção, encontram-se relacionados no Quadro 12.

QUADRO 12 – Modos potenciais de falha e respectivos efeitos, com alta prioridade de risco em cultivo de canola, na Escola-Fazenda da SETREM.

Código alfanumérico	Modo potencial de falha	Efeito potencial da falha	Severidade	Ocorrência
8 a	Presença no solo de resíduos de herbicidas tóxicos à cultura	Fitotoxicidade à cultura	4	2
13 a	Cultivo da cultura em área distante a menos de 1000 metros de área infectada por canela-preta em ano anterior	Infecção da cultura com canela-preta	5	2
13 b		Diminuição do rendimento, podendo ocasionar morte das plantas	5	2
18 b	Uso de cultivar suscetível à canela-preta	Precário desenvolvimento reprodutivo	4	2
18 c		Morte de plantas	5	2
18 d		Infecção da área cultivada	5	2
24 a	Adubação de base projetada com suprimento de S inferior a 20 kg/há	Alta taxa de abortamento de flores	4	2
24 c		Formação de siliques pequenas e deformadas	4	2
24 d		Baixo número de grãos por síliqua	4	2
58 a	Distribuição desuniforme do adubo	Subdosagem de adubo	4	3
58 b		Carência alimentar das plantas	4	3
59 a	Distribuição desuniforme de sementes	Baixa densidade	4	3
59 b		Excessiva densidade	4	3
61 a	Distribuição de menos de 200 kg de adubo/ha	Subdosagem de adubo	4	3
61 b		Carência alimentar das plantas	4	3
62 a	Distribuição de menos de 16 sementes aptas / metro linear	Baixa densidade	4	2
63 a	Distribuição de mais de 24 sementes aptas por metro linear	Densidade excessiva	4	4

63 b		Aumento do custo de produção	2	4
63 c		Competição excessiva das plantas por água, luz e nutrientes	4	4
63 d		Acamamento	3	4
63 e		Deficiente insolação para realização da fotossíntese	3	4
63 f		Potencialização das doenças	3	4
65 a	Sementes descobertas	Baixa densidade de plantas na lavoura	4	2
69 a	Inadequada umidade do solo	Má germinação das sementes	4	2
69 b		Baixa densidade de plantas	4	2
76 a	Não controle de traça das crucíferas	Desfolhamento	4	2
76 c		Mau desenvolvimento reprodutivo da cultura	4	2
78 b	Não controle de pulgões	Síliquas chochas e mal formadas por sucção da seiva	4	2
98 a	Insuficiente suprimento de N em cobertura	Carência alimentar das plantas	4	2
98 c		Mau desenvolvimento reprodutivo	4	2
103 a	Colheita com teor de umidade dos grãos maior que 18 %	Grãos muito úmidos	4	3
103 b		Excessivos descontos por umidade	4	3
103 e		Má debulha	3	3
104 b	Colheita com teor de umidade dos grãos muito baixa	Perda de grãos	4	2
107 a	Impossibilidade de realizar a operação em momento adequado	Debulha	5	3
107 b		Excesso de umidade	4	3
126 a	Não regulagem das peneiras durante a operação de colheita	Má separação dos grãos da palha em função da alteração da umidade da palha e dos grãos devido a variações de temperatura e umidade	4	2
126 b		Perda de grãos junto com a palha lançada à lavoura	4	2

4.13 Matriz de investigação das causas prioritárias

A matriz de investigação de causas prioritárias é uma ferramenta utilizada na busca de causas-chave comuns de falha e que objetiva, principalmente, a racionalização de

recursos a serem aplicados em suas prevenções. Tachizawa & Scaico (1997, p.234) a denominam de matriz de priorização e, segundo eles, é aplicada na seleção de causas estabelecidas como “mais importantes em função de critérios de avaliação, quando existem recursos limitados que são compartilhados pelas várias opções e ações, e quando for preciso concentrar esforços em poucas ações que se constituem em fatores limitantes à melhoria do sistema”. São consideradas causas-chave comuns de falha aquelas destacadas com mais alta frequência de geração de problemas aos modos de falha. A matriz de investigação de causas dos modos potenciais de falha estabelecidos como altamente influentes no rendimento da cultura da canola na Escola-Fazenda da SETREM encontra-se estruturada no Quadro 13.

QUADRO 13 – Matriz de investigação de causas com alta influência no rendimento da canola

Matriz de Investigação – Alta Influência																																								
Causa Comum	Modo de Falha/Efeito																																							
	8 a	13 a	13 b	18 b	18 c	18 d	24 a	24 c	24 d	58 a	58 b	59 a	59 b	61 a	61 b	62 a	63 a	63 b	63 c	63 d	63 e	63 f	65 a	69 a	69 b	76 a	76 c	78 b	98 a	98 b	103 a	103 b	103 e	104 b	107 a	107 b	126 a	126 b		
Efeito residual de herbicida no solo	X																																							
Baixa precipitação pluviométrica no período da aplicação do herbicida até o cultivo da canola	X																																							
Temperaturas abaixo do índice normal no período da aplicação dos herbicidas até o cultivo da canola	X																																							
Erro/negligência do responsável técnico	X	X	X	X	X	X	X	X	X																	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X		
Uso de cultivar suscetível à canela-preta		X	X	X	X	X																																		
Indisponibilidade no mercado de fórmula adequada de adubo							X	X	X																															
Obstrução do sistema de distribuição de adubo/semente									X	X	X	X																												
Falha/desatenção do operador e/ou auxiliar de operação									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X			X	X		
Desgaste das engrenagens de distribuição de adubo/semente									X	X	X	X																												
Quebra de corrente de distribuição de adubo/semente									X	X	X	X																												
Não conferência da regulagem a campo									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					X	X											
Inadequada amplitude de regulagem do equipamento														X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					X	X											
Erro de regulagem														X	X	X	X	X	X	X	X	X					X	X												
Disco de semeadura inadequado																X	X	X	X	X	X																			
Solo com umidade inadequada																							X	X	X															
Amostra de grãos para checagem de umidade não representativa da lavoura																														X	X	X	X							
Erro na leitura da umidade da amostra																													X	X	X	X								
Ocorrência de chuvas na colheita																																			X	X				
Ocorrência de ventos fortes na colheita																																			X	X				
Inadequado treinamento do operador e/ou auxiliar de operação									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X					X	X

Fonte: (adaptado de Palady, 2002, p.178)

Conforme explicita o Quadro 13, as causas-chave comuns de falha, por ordem de frequência com que afetam os modos potenciais de falha, são as falhas/desatenções do operador e/ou do auxiliar de operação (com 24 citações), o inadequado treinamento do operador e/ou do auxiliar de operação (24 citações), erro/negligência do responsável técnico (20 citações), não conferência da regulagem das máquinas e equipamentos a campo (16 citações), erros de regulagem (12 citações) e inadequada amplitude de regulagem dos equipamentos (12 citações). Portanto, estas são as causas que necessitam ser submetidas a um plano de ações preventivas.

As causas de falha dos modos de alta prioridade de risco, não selecionadas para recebimento de plano de ações preventivas, não comprometerão a qualidade do cultivo, uma vez que todas elas, à exceção de ocorrência de chuvas e ventos fortes por ocasião da colheita, indiretamente, estarão contempladas no plano efetuado para as causas-chave, conforme explicitado a seguir.

O efeito residual de herbicida, utilizado em cultivo anterior, pode afetar a canola se ocorrer condições climáticas desfavoráveis, ou seja, pequena precipitação pluviométrica e temperatura abaixo do índice normal, no período que se estende da aplicação dos produtos até a semeadura da cultura. Embora seja pequena a probabilidade de ocorrência destas condições climáticas para o período considerado, seu controle é possível com a correta prescrição, pelo responsável técnico, do produto utilizado na safra anterior. Portanto, o problema só ocorrerá por erro do responsável técnico, causa contemplada pelo plano de ações preventivas.

O argumento utilizado no parágrafo anterior para explicar a não priorização da causa sustenta também a não seleção do uso de cultivar suscetível à canela-preta e indisponibilidade de fórmula de adubo adequada no mercado. Quanto à cultivar, o problema é facilmente resolvido com o cultivo de Hyola 43 ou Hyola 60, bastando sua preconização pelo responsável técnico. No que diz respeito à indisponibilidade de fórmula de adubo contendo enxofre, o engenheiro agrônomo responsável pode prever o suprimento deste nutriente através do uso de sulfato de amônia na adubação de cobertura.

A obstrução do sistema de distribuição do adubo e das sementes e a quebra de correntes de distribuição destes insumos, causas originadas por desatenção do auxiliar de semeadura, são resolvidas com o treinamento do mesmo. Outra causa resolvida por

treinamento é a retirada de inadequada amostra de grãos para verificação da umidade, por ocasião da colheita. Neste caso, o treinamento deve ser efetuado ao operador da colheitadeira. Estes treinamentos constituem-se causa-chave, a receber atenção no plano de ações preventivas.

O erro de leitura da umidade da amostra de grãos retirada para verificar as condições de colheita é uma causa decorrente de falha do responsável pelo recebimento do produto na unidade armazenadora, mas cabe ao responsável técnico acompanhar o processo de medição, verificando sua exatidão.

Outra causa-chave contemplada no plano de ações corretivas é a regulação de máquinas e implementos utilizados no cultivo da canola. No plano, as ações para regulação da semeadeira contemplarão, indiretamente, o desgaste das engrenagens de distribuição de insumos e o uso de disco inadequado para distribuição das sementes.

A ocorrência de chuvas e ventos fortes é a única causa geradora de modo de falha priorizada, não atendida pelo plano de ações preventivas às causas-chave comuns de falha. O modo de falha gerado por estas falhas é a impossibilidade de realização da colheita em momento adequado devido às condições climáticas desfavoráveis, sobretudo chuvas e ventos fortes. Portanto, é impossível eliminar o modo de falha, bem como minimizar sua severidade ou reduzir sua ocorrência. No entanto, embora apresentando remota possibilidade de detecção, o acompanhamento, por parte do responsável técnico, das previsões meteorológicas, pode auxiliar na decisão de antecipação da colheita, fato que, embora gere perdas, possibilita que elas sejam menores que as ocasionadas pelo modo de falha.

4.14 Plano de ações preventivas para controle de prioridades de risco

Uma vez estabelecidas as causas-chave comuns de falha do processo de cultivo de canola, se faz necessário estabelecer um plano de ação de melhoria, o qual deve visar, por ordem de preferência, à eliminação das falhas, à diminuição da severidade das mesmas, à redução da ocorrência dos modos de falha ou à potencialização da sua detecção (PALADY, 1997, p.180). Para tanto, foi escolhido o uso da ferramenta 5 W + 1 H. Sua aplicação gerou o plano de ações preventivas explicitado no Quadro 14.

QUADRO 14– Plano de ações preventivas para controle das principais falhas potenciais no cultivo de canola na Escola-Fazenda da SETREM

Causa-chave	O que	Quando	Porque	Onde	Quem	Como
Erro/negligência do responsável técnico.	Revisar os formulário de entrada da FMEA dos subprocessos da cultura.	No início do mês de outubro do ano seguinte ao cultivo e no início de abril e fim de setembro do ano de cultivo.	Outubro: para selecionar os insumos utilizados na cultura antecessora, a fim de que não afetem a canola, bem como a qualidade da área a ser cultivada. Abril: para verificar a correta aquisição de insumos em termos qualitativos e quantitativos. Setembro: para verificar a correta revisão e regulagem da colheitadeira.	Na propriedade.	O responsável técnico e os demais membros da Equipe FMEA.	Efetuada leitura e discussão dos aspectos relatados no formulário de entrada dos subprocessos da FMEA da canola.
Falha/desatenção do operador e/ou do auxiliar de operação.	Treinar o operador e o auxiliar de operação nas atividades de semeadura, aplicação de adubação nitrogenada em cobertura e colheita.	Com antecedência mínima de uma semana ao início da operação considerada.	Para que se conscientizem da importância da atenção constante durante a operação.	Na sede da propriedade.	Responsável técnico.	Demonstrando as práticas ao operador e ao auxiliar, explicando os efeitos decorrentes dos erros.
Não conferência de regulagens a campo.	Semeadeira: conferir a quantidade de insumos distribuída e a profundidade de deposição e cobertura da semente. Colheitadeira: conferir a abertura adequada das peneiras. Distribuidor de adubo a lanço: conferir quantidade de insumo distribuída.	Semeadeira: diariamente, manhã e tarde, 15 minutos após o início da operação. Colheitadeira: no mínimo 4 vezes ao dia, às 9 h, 11 h, 14 h e 17 h. Distribuidor de adubo a lanço: no início da operação, com nova conferência 15 minutos após.	Semeadura: pois a distribuição de insumos pode variar nas condições de campo. Colheita: para verificar a adequada separação do grão da palha, a qual varia devido a mudança da umidade da palha e dos grãos durante o dia. Distribuidor de adubo a lanço: pois a distribuição de insumos pode variar nas condições de campo.	Na lavoura.	Operador e auxiliar de semeadura.	Parando a operação e efetuando a conferência, de acordo com o treinamento recebido do responsável técnico.
Inadequada amplitude de regulagem do equipamento.	Efetuar revisão da semeadeira e do espalhador de adubo a lanço, antes do uso.	Semeadeira: no final do mês de março do ano de cultivo. Espalhador de adubo a lanço: logo após a semeadura da canola.	Para garantir o bom funcionamento e ajuste dos sistemas de regulagem da semeadeira e do espalhador de adubo a lanço.	Em oficina especializada em prestação de serviço de revisão de máquinas e equipamentos agrícolas.	Técnico da oficina prestadora de serviço.	Efetuada completa revisão dos equipamentos, especialmente em seus sistemas de regulagem.
Erro de regulagem.	Efetuar verificação da regulagem da semeadeira, do espalhador de adubo a lanço e da colheitadeira.	Semeadeira: logo após atingidas as dosagens pretendidas e 15 minutos após início da operação, pela manhã e tarde, a campo. Colheitadeira: no mínimo 4 vezes ao dia, às 9 h, 11 h, 14 h e 17 h. Distribuidor de adubo a lanço: no início da operação, com nova conferência 15 minutos após.	Para garantir que a regulagem esteja adequada aos objetivos pretendidos.	Semeadeira: no galpão e a campo. Colheitadeira e espalhador de adubo a lanço: na lavoura.	Responsável técnico, operador e auxiliar de operação.	Repetindo os procedimentos de regulagem e, após, para semeadeira, efetuando medição da dosagem do adubo e contagem das sementes; para o espalhador de adubo a lanço, espalhando 50 Kg de produto com posterior medição da área de distribuição; para a colheitadeira, verificando a inexistência de grãos junto a palha que sai no saca-palhas.
Inadequado treinamento do operador e/ou do auxiliar de operação.	Receber <i>feedback</i> do treinamento efetuado.	Com antecedência mínima de uma semana ao início da operação considerada.	Para verificar o grau de entendimento e conscientização do operador e do auxiliar de operação a respeito do correto procedimento de semeadura, aplicação de adubo em cobertura e colheita.	Na propriedade.	Responsável técnico.	Questionando os colaboradores treinados sobre os efeitos gerados por erros nas operações e exigindo repetição das mesmas por eles, até a certeza da compreensão e conscientização.

4.15 A pesquisa de laboratório

Objetivando comprovar a validade da aplicação da FMEA em processo de cultivo de canola na Escola-Fazenda da SETREM, foram estabelecidas a campo duas lavouras da cultura, em área de cinco hectares cada.

A primeira área foi denominada de Cultivo sem FMEA e a segunda, de Cultivo com FMEA. A diferença na condução dos cultivos foi concentrada em duas variáveis: a regulagem a campo da semeadeira e a correta dose de nitrogênio aplicado em cobertura, práticas utilizadas apenas no segundo processo. A diferenciação dos processos, concentrada em apenas duas variáveis, foi efetuada, considerando o grande número de variáveis que podem influenciar negativamente no rendimento da cultura, podendo gerar dificuldade de estabelecimento da relação causa e efeito. Outro aspecto considerado para tanto foi a observação de Tomm (2003, p.10) de que “freqüentemente, produtores têm dificuldade em obter a população adequada de plantas por área, fator que impede a obtenção de elevados rendimentos de grãos”. Também foi levado em conta o fato de que, em se tratando de adubação de cobertura com nitrogênio, as doses utilizadas pelos produtores têm sido baixas, a ponto de Tomm (2003, p.12) recomendar a não semeadura da cultura se não houver pretensão de adubá-la adequadamente com nitrogênio, “pois a produtividade será reduzida”.

Desta forma, o Cultivo com FMEA recebeu acompanhamento técnico no subprocesso semeadura, com verificação preventiva das regulagens a campo, enquanto o Cultivo sem FMEA recebeu regulagem tradicional, apenas no galpão, antes da semeadeira iniciar a operação a campo. No subprocesso tratos culturais, o Cultivo com FMEA recebeu adubação de cobertura nitrogenada com dose em conformidade com os padrões recomendados pela análise de solo, ou seja, 63 quilogramas de nitrogênio por hectare. Já o Cultivo sem FMEA, recebeu, na mesma operação, dose conforme a realidade ocorrente nas lavouras da região, ou seja, 45 quilogramas de nitrogênio por hectare, adubação utilizada em decorrência de pacote tecnológico praticado pela empresa fomentadora da cultura, o qual pré-estabelece os níveis de adubação a serem utilizados.

Em cada um dos cultivos foram efetuados levantamentos de dados a campo, contemplando o número de plantas estabelecidas, o espaçamento entre estas plantas, o número

de síliquas por planta e o rendimento da cultura. A técnica utilizada para tanto está descrita no capítulo 3, com a localização dos pontos de amostragem explicitada no Anexo D.

CAPÍTULO 5 - ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Uma vez estabelecida a pesquisa de laboratório, com sistemas de produção diferindo em algumas variáveis, se faz necessária a realização de coleta de dados e tratamento estatístico dos mesmos para analisar se ocorreu diferença significativa entre ambos. Neste capítulo estão apresentados os dados referentes ao número de plantas estabelecidas a campo, o espaçamento entre elas, o número de síliquas por planta e o rendimento da cultura, em dois sistemas de produção de canola, designados de cultivo sem FMEA e cultivo com FMEA, estruturados conforme descrito no capítulo anterior. Também estão demonstrados no presente capítulo os tratamentos estatísticos efetuados aos dados coletados, bem como a discussão de seus resultados. A metodologia utilizada para o levantamento dos dados e para o tratamento estatístico dos mesmos está descrita nos Capítulos 3, item 3.2.2, e 4, item 4.15.

A pesquisa de laboratório foi estabelecida no dia 20 de maio de 2004, na gleba denominada Área do Rapachi, da Escola-Fazenda da SETREM, localizada em Esquina Motta, município de Independência, RS. A densidade de semeadura foi de 18 sementes por metro linear, sendo que, no processo de semeadura sem FMEA, a semeadeira foi regulada apenas no galpão e no processo com FMEA, a mesma recebeu conferência a campo. A adubação de base utilizada foi de 300 kg/ha da fórmula 07 - 10 - 10 + 10, correspondentes, respectivamente, a nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre. A emergência plena ocorreu no dia 29 de maio.

Duas operações foram efetuadas nos tratos culturais aplicados à pesquisa laboratorial, sendo a primeira realizada no dia 13 de junho, através da aplicação do herbicida pós-emergente fenoxaprop-p-ethyl + clethodim, na dosagem de 0,8 litro por hectare do produto comercial Podium S. A segunda operação foi a aplicação de nitrogênio em cobertura, com utilização de uréia, operação realizada em 25 de junho de 2004. Na área de cultivo com FMEA foi aplicada a dosagem de 63 quilogramas de nitrogênio por hectare (140 kg de uréia / ha) e, no cultivo sem FMEA, a dosagem aplicada foi 45 quilogramas por hectare de nitrogênio (100 kg de uréia / ha).

5.1 População de plantas estabelecidas a campo

O número de plantas estabelecidas a campo é um dado importante a se considerar em cultivo agrícola, pois, ao propiciar a projeção da densidade de plantas, constitui-se, juntamente com a qualidade genética do cultivar, em indicativo do potencial produtivo inicial da lavoura. Segundo Tomm (2003, p.9), o objetivo da semeadura é garantir a existência de 40 plantas por metro quadrado por ocasião da colheita, uniformemente distribuídas. Como o espaçamento entre linhas, utilizado nos cultivos de laboratório, foi de 0,45 metro, a densidade preconizada por Tomm, nestas condições, expressa em metro linear, é de 18 plantas. O levantamento do número de plantas por metro linear foi efetuado no dia 14 de junho e os resultados aferidos encontram-se explicitados no Quadro 15.

QUADRO 15 – População de plantas em cultivos de canola com e sem aplicação da FMEA

Número de plantas por metro linear					
Amostra	C/ FMEA	S/ FMEA	Amostra	C/ FMEA	S/ FMEA
1	19	16	18	18	13
2	15	9	19	17	25
3	19	16	20	14	15
4	16	13	21	19	8
5	18	10	22	11	6
6	17	16	23	17	11
7	12	8	24	16	14
8	19	15	25	12	14
9	19	19	26	18	12
10	20	12	27	15	8
11	23	10	28	21	10
12	23	9	29	18	12
13	16	22	30	14	14
14	11	15	31	15	11
15	15	12	32	16	8
16	19	12	Total	539	407
17	17	12	Média	16,84	12,72

O número de plantas por metro linear no cultivo com FMEA variou entre 11 e 23. O cultivo sem FMEA apresentou 6 plantas como a menor população por metro linear e 25

plantas como a maior. A verificação da variabilidade apresentada pelos resultados expressos no Quadro 15 foi efetuada com utilização da ANOVA, histogramas e gráfico comparativo de distribuição de plantas, conforme demonstrado a seguir.

5.1.1 Análise estatística da população de plantas

A ANOVA aplicada aos dados apresentados no Quadro 15 visa buscar indicativo de diferenciação entre a população de plantas dos dois processos de cultivo. A ela somou-se o cálculo do desvio padrão. Ambos os resultados encontram-se explicitados na Tabela 1.

TABELA 1 – ANOVA da população de plantas

ANOVA: fator único						
RESUMO						
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	Desvio Padrão	
C/ FMEA	32	539	16,84	9,17	3,0	
S/ FMEA	32	407	12,72	16,85	4,1	
ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	272,25	1	272,25	20,924	2,343E-05	3,996
Dentro dos grupos	806,688	62	13,01			
Total	1078,938	63				

O resultado da ANOVA confirma a diferença dos dois cultivos quanto à população de plantas, sendo que ao nível de 5 % de grau de confiança, o cultivo com FMEA é diferente do cultivo sem FMEA. O menor desvio padrão apresentado pelo processo com aplicação de FMEA demonstra a maior uniformidade na população de plantas do mesmo.

Para melhor visualização da variação dos dados dentro do processo, eles foram submetidos a representação por histogramas. A Figura 11 demonstra graficamente a frequência de ocorrência do número de plantas no processo de cultivo com FMEA.

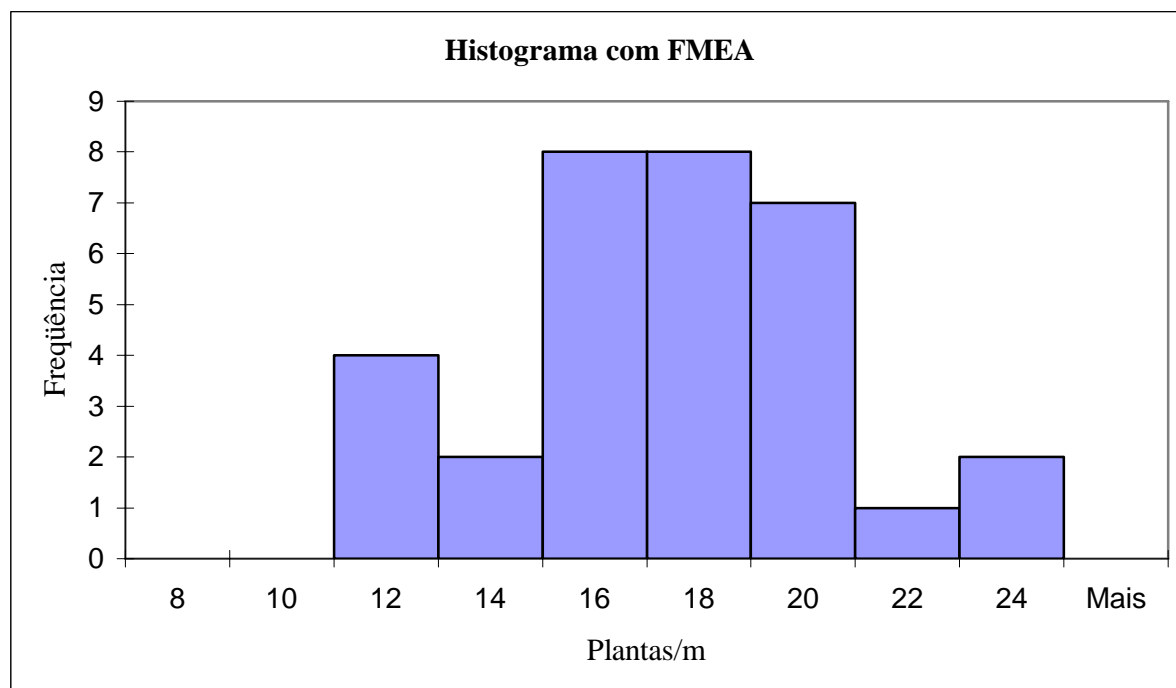


FIGURA 11 – Histograma da população de plantas em cultivo com FMEA

Embora bastante variável, as populações com maior frequência, em cultivo com FMEA, encontram-se no intervalo entre 15 e 20 plantas por metro linear, portanto, muito próximas do ideal de 18 plantas por metro linear, conforme preconizado por Tomm (2003, p.9).

Em cultivo sem FMEA, a variação da população de plantas é muito mais acentuada, com as maiores frequências estabelecidas na faixa compreendida entre 6 e 16 plantas por metro linear, conforme pode ser observado no histograma apresentado na Figura 12.

Comparando os histogramas das Figuras 11 e 12, é possível notar que na população de plantas com aplicação da FMEA ocorreu uma distribuição mais aderente à curva normal. Este fato pode melhor ser observado na Figura 13, a qual demonstra, comparativamente, a distribuição gráfica das plantas nos cultivos com e sem FMEA.

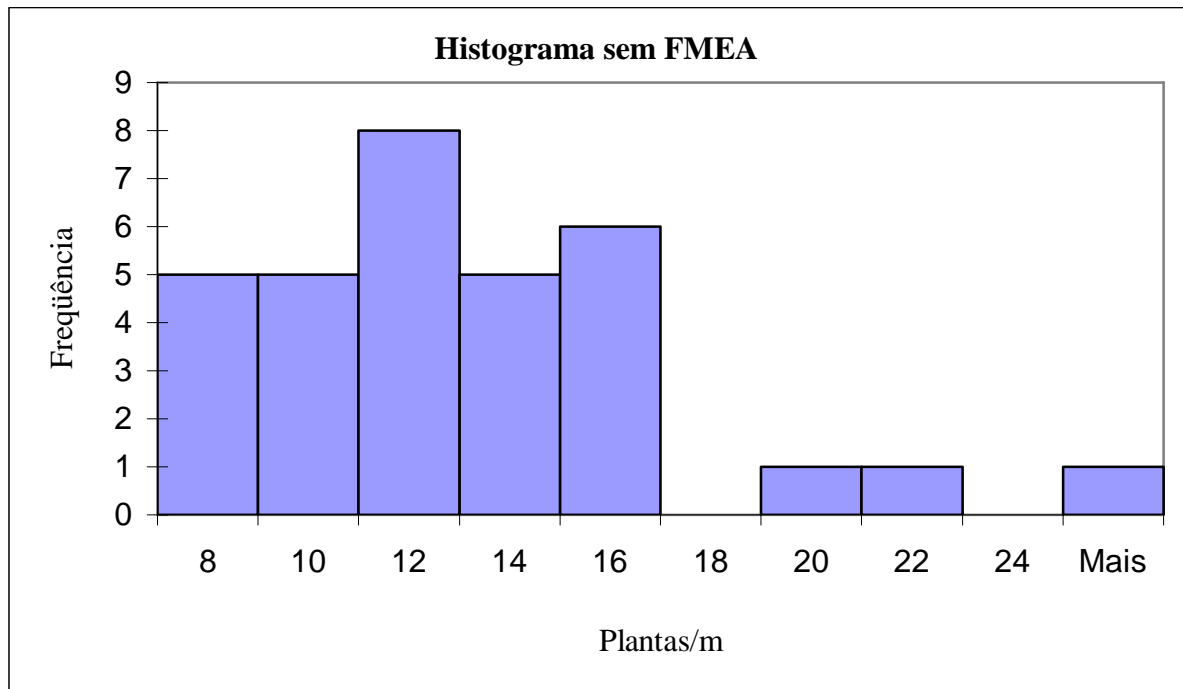


FIGURA 12 - Histograma da população de plantas em cultivo sem FMEA

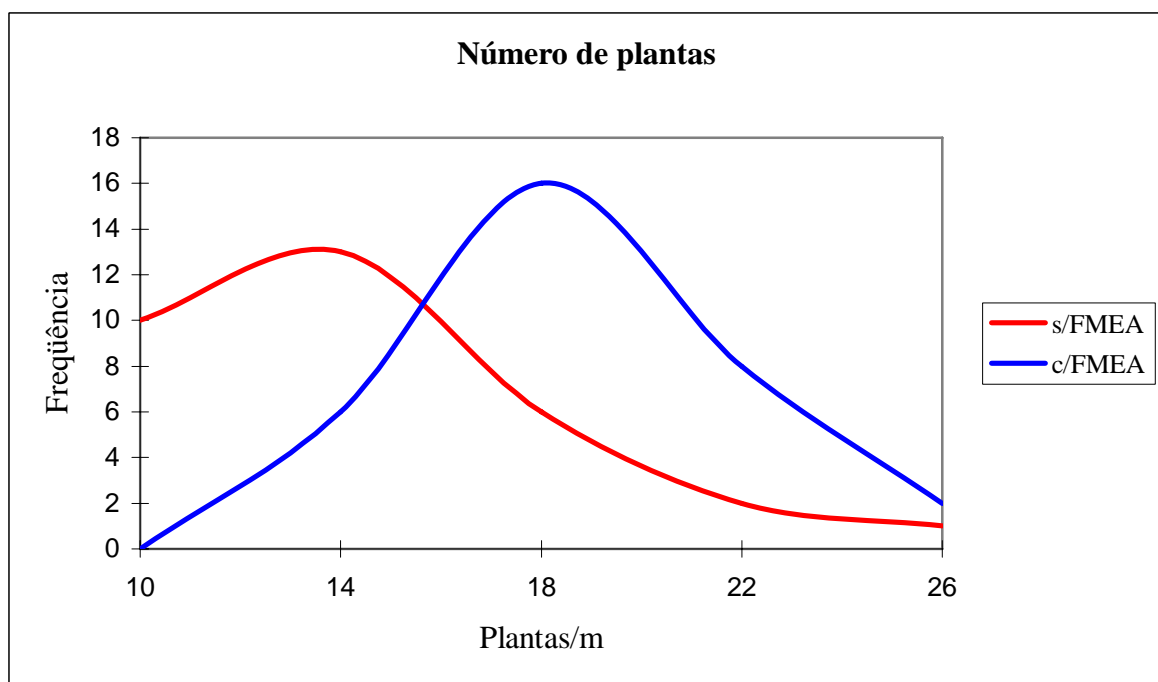


FIGURA 13 - Comparação da distribuição de plantas em cultivos com e sem FMEA

5.2 Espaçamento entre plantas

Conforme já comentado no item anterior, Tomm (2003, p. 9) afirma que uma população adequada de plantas não é suficiente para projetar bom rendimento da cultura da canola, sendo necessário, também, que estas plantas apresentem-se uniformemente distribuídas na linha de cultivo. Esta homogeneidade, que constitui importante objetivo em cultivos agrícolas, é especialmente difícil de ser obtida em cultivo de canola, devido ao diminuto tamanho de suas sementes.

A densidade de sementes desejada em semeadura de canola é de 400.000 a 600.000 por hectare, o que representa, em peso, utilização de apenas 3 a 5 quilogramas por hectares (TOMM, 2003, p.10). Como o objetivo da semeadura é a obtenção de 18 plantas por metro linear, significa que o espaçamento ideal entre plantas é de 55,5 milímetros. Porém, Tomm (2003, p.10) alerta que a “canola tem grande capacidade de compensar baixas populações de plantas e rendimentos de até 1800 kg/ha foram obtidos em lavouras com população de apenas 15 plantas por metro quadrado”, o que é possível desde que a distribuição das mesmas seja uniforme. Desta forma, seria concebível a ocorrência de espaçamento entre plantas de até 148 milímetros, aproximadamente.

Para verificar a distribuição de plantas nas áreas da pesquisa laboratorial, foi efetuado, em 25 de agosto, levantamento dos espaçamentos entre plantas, em ambos os cultivos realizados. O resultado deste levantamento está demonstrado no Anexo E.

Os dados apresentados no Anexo E demonstram a grande variabilidade de espaçamento entre plantas que ocorreu no cultivo sem FMEA, com máximo de 444 milímetros e mínimo de zero milímetro. Comportamento semelhante ocorreu no cultivo com FMEA, no qual o espaçamento máximo entre plantas foi de 370 milímetros e o mínimo, de zero milímetro. O espaçamento de zero milímetro entre plantas evidencia a dificuldade de distribuição de sementes tão pequenas, pois mesmo sendo utilizado disco de semeadura com alvéolos de 3,5 milímetros de diâmetro, sementes foram depositadas juntas no sulco de semeadura.

5.2.1 Análise estatística da distribuição de plantas

O tratamento estatístico aplicado aos dados relativos ao espaçamento entre plantas foi descritivo, buscando aferir, além dos espaçamentos máximos e mínimos, a média, a frequência e o desvio padrão apresentados em cada um dos processos de cultivo considerados. Os resultados destes tratamentos, à exceção da frequência, estão apresentados na Tabela 2.

TABELA 2 - Resultados estatísticos da distribuição de plantas

Indicador	Sem FMEA	Com FMEA
Média	84,0	64,9
Desvio Padrão	73,5	51,6
máximo	444	370
mínimo	0	0

Conforme os resultados apresentados na Tabela 2, o subprocesso semeadura, quando recebeu aplicação da FMEA, evidenciou maior uniformidade, uma vez que o desvio padrão dos espaçamentos de plantas, nestas condições, foi menor, assim como a média dos mesmos. Cabe salientar que a média dos espaçamentos em cultivo com FMEA, 64,9 milímetros, ficou mais próxima do espaçamento considerado ideal, de 55,5 milímetros.

A maior uniformidade de espaçamentos em cultivo com FMEA pode ser analisada de forma mais nítida com auxílio da Figura 14, a qual demonstra, comparativamente, a frequência da distribuição de plantas em ambos os processos de cultivo.

A Figura 14 demonstra que os espaçamentos entre 55 e 150 milímetros apresentam frequência muito superior no cultivo com FMEA do que no cultivo sem FMEA, embora ambos apresentem problemas quanto a homogeneidade da densidade de plantas.

A ocorrência das falhas na distribuição de plantas na pesquisa de laboratório no cultivo sem FMEA, como demonstra a Figura 15, evidencia, sobretudo, os grandes espaços sem presença de plantas. A imagem foi registrada no dia 22 de junho de 2004, portanto, 24 dias após a emergência plena da cultura.

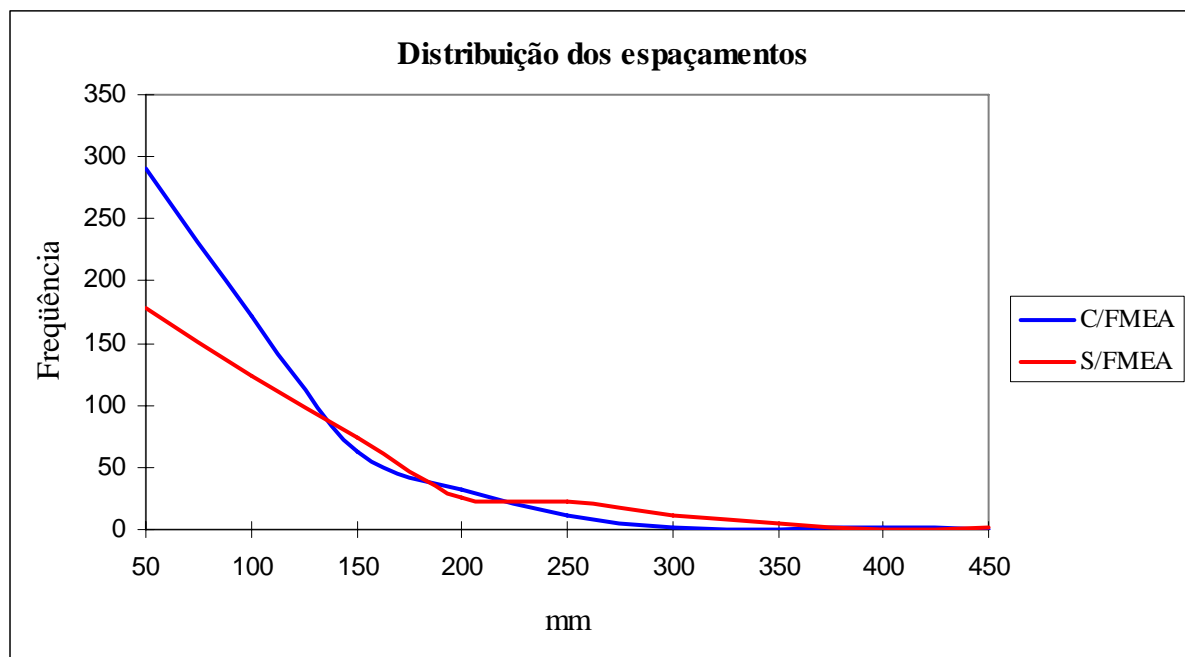


FIGURA 14 - Comparação da uniformidade de distribuição de plantas em cultivos com e sem FMEA



Fonte: www.setrem.com.br. Acesso em 18 de jul. 2004.

FIGURA 15 – Distribuição de plantas em cultivo sem FMEA

Uma melhor distribuição de plantas na linha de semeadura, apresentada pelo cultivo com FMEA, pode ser observada na Figura 16, imagem registrada no dia 14 de junho de 2004, portanto, 16 dias após a emergência plena.



Fonte: www.setrem.com.br. Acesso em 18 de jul. 2004.

FIGURA 16 - Distribuição de plantas em cultivo com FMEA

5.3 Número de siliquas por planta

Embora não havendo nenhum padrão definido para medição do número de siliquas por planta na cultura da canola, é notória a capacidade da cultura em aumentar este número quando as plantas apresentam maior espaçamento entre si, ou seja, a planta aparentemente compensa a menor densidade com o aumento do número de frutos. Objetivando verificar esta possibilidade, em 12 de setembro de 2004 foi efetuada a aferição do número de siliquas apresentadas por plantas nos cultivos de canola com e sem FMEA. Os dados coletados a campo encontram-se no Anexo F e os resultados tabulados podem ser observados na Tabela 3.

TABELA 3 – Número de siliquas por planta em cultivos com e sem FMEA

Média geral de siliquas por planta		
Processo	Com FMEA	Sem FMEA
Nº siliquas	57.737	55.549
Nº plantas	571	412
Siliquas/planta	101,1	134,8

Os dados apresentados na Tabela 3 demonstram que o cultivo da canola com FMEA apresenta tanto um superior número de siliques quanto de plantas, em relação ao cultivo efetuado sem aplicação da FMEA. No entanto, o número de siliques por planta ocorre em maior número neste último. Para verificar a significância deste fato, os dados coletados foram tratados estatisticamente com utilização da ANOVA, frequência de ocorrência e histograma.

5.3.1 Análise estatística do número de siliques por planta

A ANOVA aplicada aos dados demonstrados na Tabela 3 objetiva determinar se o maior número de siliques por planta apresentado no processo de cultivo sem FMEA tem semelhança estatística com o correspondente resultado no processo de cultivo com FMEA, no qual foi registrado maior número total de siliques e plantas por amostra.

TABELA 4 – ANOVA do número de siliques por planta

ANOVA: fator único						
RESUMO						
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	<i>DesvPad</i>	
Sem FMEA:	412	55.549	134,83	7.001,00	83,67	
Com FMEA	571	57.737	101,12	4.813,98	69,38	
ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	<i>F</i>	valor-P	<i>F crítico</i>
Entre grupos	271.988,78	1	271.988,78	47,47	9,9958E-12	3,85
Dentro dos grupos	5.621.381,14	981	5.730,26			
Total	5.893.369,91	982				

O resultado da ANOVA, explicitado na Tabela 4, evidencia a diferença do número de siliques por planta nos dois processos considerados. Portanto, ao nível de 5 % de grau de confiança, é possível afirmar que o cultivo com FMEA é diferente do cultivo sem FMEA. O desvio padrão, por sua vez, demonstra que o cultivo com FMEA apresenta um número de siliques por planta menos disperso.

O resultado do número de siliquis ocorrentes por planta, nas amostras efetuadas em ambos os processos, foi submetido à representação por histograma, após levantamento das respectivas frequências. O resultado encontra-se explicitado nas Figuras 17 e 18, para os processos sem e com FMEA, respectivamente.

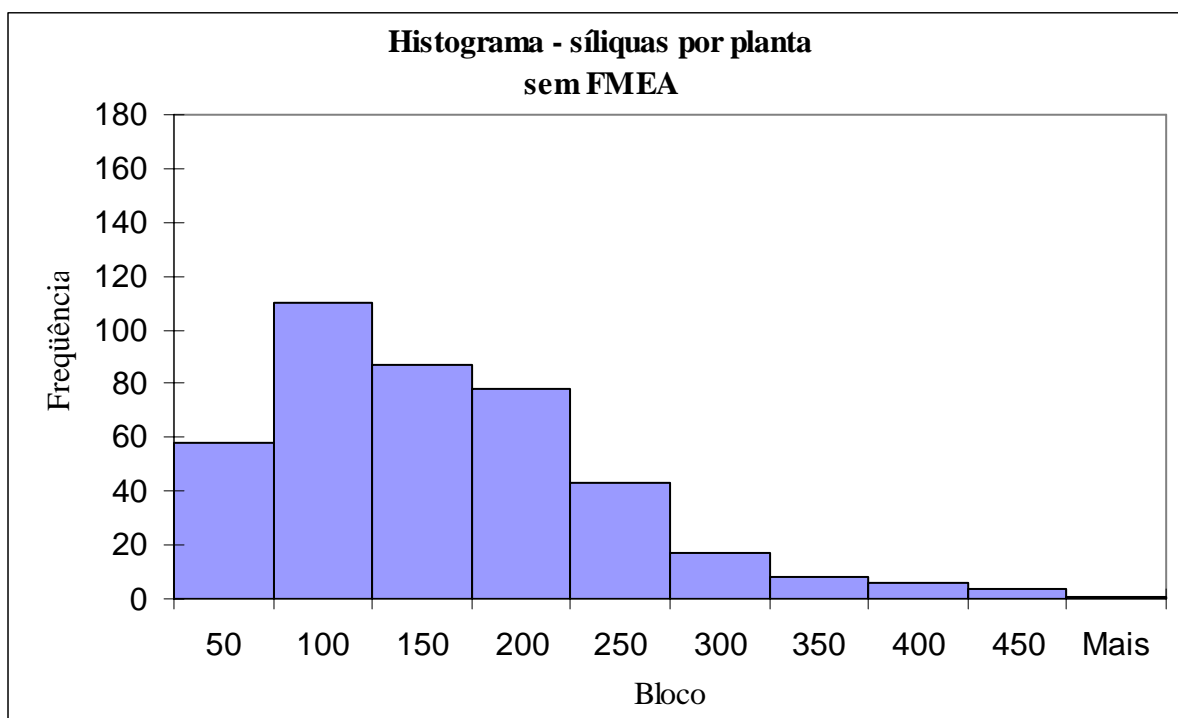


FIGURA 17 - Histograma do número de siliquis por planta em cultivo sem FMEA

A Figura 17 demonstra graficamente a frequência de ocorrência do número de siliquis por planta no processo de cultivo sem FMEA, salientando a maior frequência no intervalo de 51 a 200.

No cultivo com FMEA, a variação do número de siliquis por planta é menos acentuada, embora a maior frequência ocorra no intervalo de zero a 200, conforme pode ser observado no histograma apresentado na Figura 18.

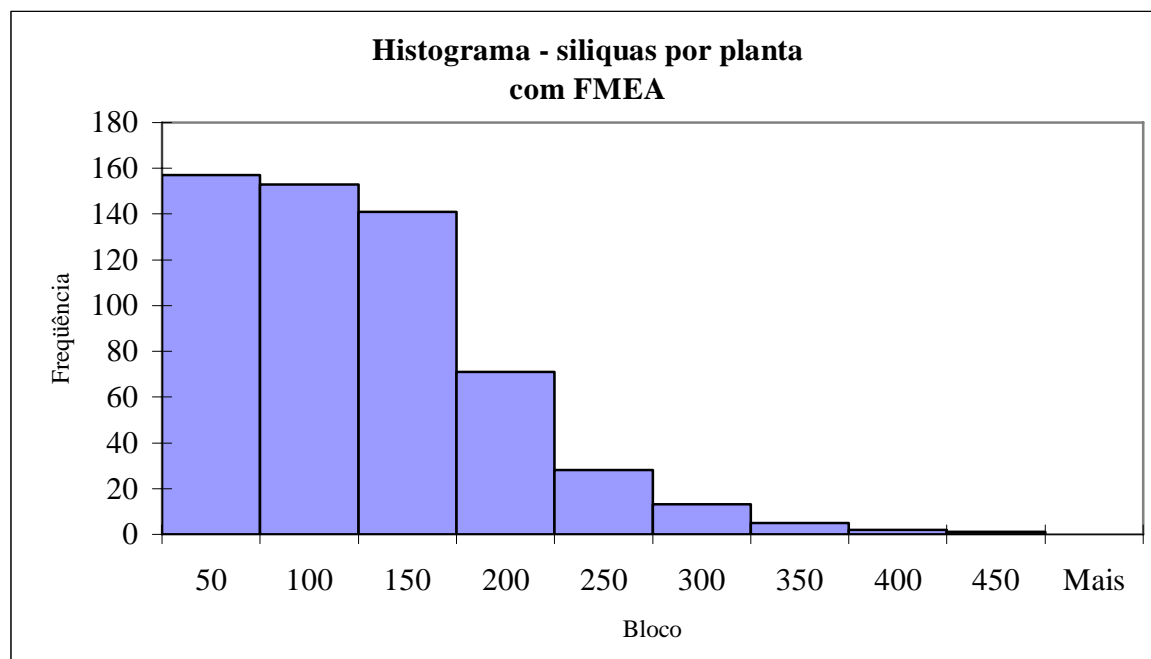


FIGURA 18 - Histograma do número de siliquis por planta em cultivo com FMEA

5.4 Rendimento da canola

A aferição que permite conclusão efetiva sobre a viabilidade da aplicação da FMEA no cultivo da canola é, evidentemente, o rendimento atingido pelos cultivos com e sem a aplicação desta ferramenta. A colheita das amostras para verificação do rendimento da cultura foi efetuada por ocasião da maturação fisiológica, em 20 de setembro. Para tanto, as amostras, após contagem do número de plantas, foram colhidas e imediatamente ensacadas. As amostras foram trilhadas em máquina estacionária e, posteriormente, tiveram seus pesos medidos em balança de precisão, com carga máxima de 200 gramas, carga mínima de 0,02 grama, divisão de verificação de 0,01 grama e menor divisão de 0,001 grama. Após a pesagem, as amostras foram submetidas à medição de umidade dos grãos, na plataforma de recebimento de produtos da Cooperativa Agropecuária Alto Uruguai Ltda, COTRIMAIO, para efetuação dos devidos descontos. Os rendimentos alcançados pelos cultivos com e sem FMEA e seus respectivos descontos de umidade, estão demonstrados nas Tabelas 5 e 6.

A Tabela 5 apresenta o número de plantas colhidas em cada amostra, o teor de umidade das mesmas, os respectivos descontos percentuais e físicos e o rendimento.

TABELA 5 – Rendimento da canola no cultivo sem FMEA

Rendimento e descontos de umidade no cultivo de canola sem FMEA							
Amostra	Número de plantas	Produção (g)	Umidade (%)	Desconto Percentual	Desconto Físico (g)	Rendimento (kg/ha)	Rendimento (scs/ha)
A1	9	77,976	14,2	0,8	0,624	1733	28,9
A2	10	104,253	29,0	19,9	20,746	1856	30,9
A3	11	93,755	18,1	7,2	6,750	1933	32,2
A4	15	81,955	15,4	4,2	3,442	1745	29,1
A5	11	83,99	16,5	5,4	4,535	1766	29,4
A6	13	67,433	13,6	0,8	0,539	1487	24,8
A7	12	54,284	14,3	0,8	0,434	1197	19,9
A8	11	73,917	14,2	0,8	0,591	1629	27,2
A9	12	88,01	16,0	4,8	4,224	1862	31,0
A10	15	109,194	19,1	8,3	9,063	2225	37,1
A11	12	98,684	14,5	0,8	0,789	2175	36,3
A12	15	69,271	15,0	3,7	2,563	1482	24,7
A13	15	75,013	14,1	0,8	0,600	1654	27,6
A14	15	59,749	15,5	4,3	2,569	1271	21,2
A15	14	70,143	14,2	0,8	0,561	1546	25,8
A16	14	75,377	21,3	10,8	8,141	1494	24,9
A17	13	60,709	14,2	0,8	0,486	1338	22,3
A18	16	83,952	15,7	4,5	3,778	1782	29,7
A19	15	78,973	14,5	0,8	0,632	1741	29,0
A20	12	62,618	14,0	0,8	0,501	1380	23,0
A21	16	63,183	14,5	0,8	0,505	1393	23,2
A22	12	59,365	17,0	5,9	3,503	1241	20,7
A23	13	80,333	24,0	13,9	11,166	1537	25,6
A24	15	63,187	17,0	5,9	3,728	1321	22,0
A25	13	70,706	19,2	8,4	5,939	1439	24,0
A26	14	106,934	22,0	11,5	12,297	2103	35,1
A27	13	104,989	31,0	22,1	23,203	1817	30,3
A28	10	78,75	17,5	6,5	5,119	1636	27,3
A29	11	67,455	20,8	10,1	6,813	1348	22,5
A30	15	118,15	29,0	19,9	23,512	2103	35,1
A31	10	73,743	16,3	5,2	3,835	1554	25,9
A32	11	78,413	26,2	16,7	13,095	1452	24,2

Conforme demonstram as Tabelas 5 e 6, ocorreu grande variabilidade no rendimento da canola. Grande variabilidade também pode ser observada no teor de umidade das amostras, sobretudo no cultivo sem FMEA, sendo que estes dados expressam a desuniformidade de maturação da cultura no processo considerado.

TABELA 6 – Rendimento da canola no cultivo com FMEA

Rendimento e descontos de umidade no cultivo de canola sem FMEA							
Amostra	Número de plantas	Produção (g)	Umidade (%)	Desconto Percentual	Desconto Físico (g)	Rendimento (kg/ha)	Rendimento (scs/ha)
A1	20	111,309	13,2	0	0	2474	41,2
A2	15	88,99	12,2	0	0	1978	33,0
A3	22	108,675	13,0	0	0	2415	40,3
A4	19	104,777	13,2	0	0	2328	38,8
A5	17	117,055	13,8	0,8	0,936	2580	43,0
A6	14	96,453	15,2	4	3,858	2058	34,3
A7	16	78,117	13,2	0	0	1736	28,9
A8	16	59,138	13,0	0	0	1314	21,9
A9	18	88,723	13,5	0	0	1972	32,9
A10	14	80,185	13,2	0	0	1782	29,7
A11	21	99,6	13,2	0	0	2213	36,9
A12	19	69,38	13,5	0	0	1542	25,7
A13	18	85,597	13,0	0	0	1902	31,7
A14	16	79,978	13,2	0	0	1777	29,6
A15	14	84,269	13,2	0	0	1873	31,2
A16	17	56,038	13,1	0	0	1245	20,8
A17	17	73,495	13,5	0	0	1633	27,2
A18	16	95,132	12,8	0	0	2114	35,2
A19	16	98,078	13,3	0	0	2180	36,3
A20	20	71,428	13,0	0	0	1587	26,5
A21	21	58,565	13,3	0	0	1301	21,7
A22	11	77,57	17,0	5,9	4,577	1622	27,0
A23	17	94,125	14,0	0,8	0,753	2075	34,6
A24	16	98,39	15,3	4,1	4,034	2097	34,9
A25	18	62,106	15,5	4,3	2,671	1321	22,0
A26	16	81,367	16,3	5,2	4,231	1714	28,6
A27	0	74,349	16,0	4,8	3,569	1573	26,2
A28	0	63,129	14,0	0,8	0,505	1392	23,2
A29	0	77,897	14,0	0,8	0,623	1717	28,6
A30	0	83,25	18,2	7,3	6,077	1715	28,6
A31	0	84,363	15,5	4,3	3,628	1794	29,9
A32	0	63,306	14,1	0,8	0,506	1396	23,3

Comparando os dados apresentados nas Tabelas 5 e 6, primeiramente há de se salientar o menor teor de umidade apresentado pelas amostras do cultivo com FMEA, fato relacionado diretamente com a melhor distribuição de plantas, conforme demonstrado na

Tabela 2 e na Figura 13. Os elevados teores de umidade das amostras do cultivo sem FMEA originaram maiores descontos, com significativa diminuição no rendimento.

O rendimento no cultivo da canola sem FMEA variou de 1.197 kg/ha a 2.225 kg/ha. Os rendimentos máximo e mínimo no cultivo com FMEA foram, respectivamente, de 1.245 kg/ha e 2.580 kg/ha. A verificação estatística das variabilidades apresentadas pelos resultados das Tabelas 5 e 6, foi efetuada com utilização da ANOVA, levantamento das freqüências e histogramas.

5.3.1 Análise estatística dos rendimentos da canola

A ANOVA aplicada aos dados apresentados nas Tabelas 5 e 6 objetiva identificar a existência de diferenciação entre a população de plantas dos dois processos de cultivo. A ela somou-se o cálculo do desvio padrão. Ambos os resultados encontram-se explicitados na Tabela 7.

TABELA 7 – ANOVA dos rendimentos da canola

ANOVA: fator único						
RESUMO						
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância	DesvPad	
Sem FMEA	32	52.240,05	1633	77.619,17	278,6	
Com FMEA	32	58.419,24	1826	129.712,03	360,2	
ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	596.599,68	1	596.599,68	5,76	0,0195	4,00
Dentro dos grupos	6.427.267,10	62	103.665,60			
Total	7.023.866,78	63				

A ANOVA demonstra que o cultivo receptor de aplicação de FMEA apresenta resultado significativamente diferente do cultivo sem FMEA, considerando o grau de confiabilidade de 5 %. Já, o maior desvio padrão do número de siliques apresentado pelo cultivo com FMEA demonstra ter este processo rendimentos mais dispersos.

TABELA 8 – Diferenças estatísticas de rendimentos dos cultivos com e sem FMEA

Indicador estatístico	Sem FMEA	Com FMEA	Diferença
Média	1633	1826	11,83 %
Mediana	1591	1780	
Desvio padrão	278,60	360,16	
maximo	2225	2580	
minimo	1197	1245	

Conforme pode ser observado na Tabela 8, o cultivo de canola submetido à FMEA, apresentou um rendimento médio 11,83 % superior ao cultivo que não recebeu tratamento desta ferramenta da qualidade. Portanto, no quesito em análise, o processo que recebeu FMEA, em que pese ter apresentado maior desvio padrão, mostrou-se superior. Também se encontra evidenciado na Tabela 8 que a mediana do processo sem FMEA é inferior a média, ocorrendo situação inversa no processo com FMEA.

Para melhor visualização da variação dos rendimentos dentro do processo, eles foram submetidos a representação por histogramas. A Figura 19 demonstra graficamente a frequência de ocorrência dos rendimentos no processo de cultivo sem FMEA.

Em que pese a dispersão, demonstra a Figura 19 que os rendimentos com maior frequência, em cultivo sem FMEA, encontram-se nos intervalos 1.301 a 1.500 kg/ha e 1.701 a 1.800 kg/ha.

No cultivo com FMEA, conforme evidencia a Figura 20, a variação do rendimento é mais acentuada, no entanto, a maior frequência está estabelecida em apenas uma faixa de rendimento, qual seja, a compreendida entre 1.701 e 1.800 kg/ha. Porém, cabe salientar que a dispersão ocorre substancialmente por rendimentos localizados acima da média.

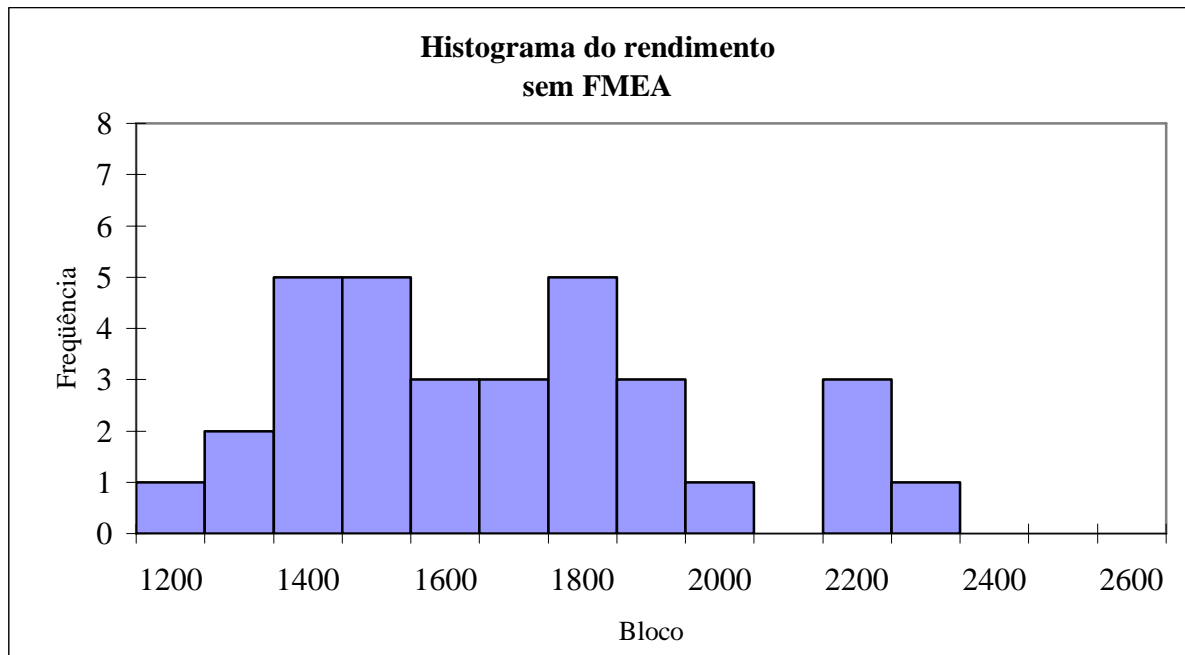


FIGURA 19 - Histograma do rendimento do cultivo de canola sem FMEA

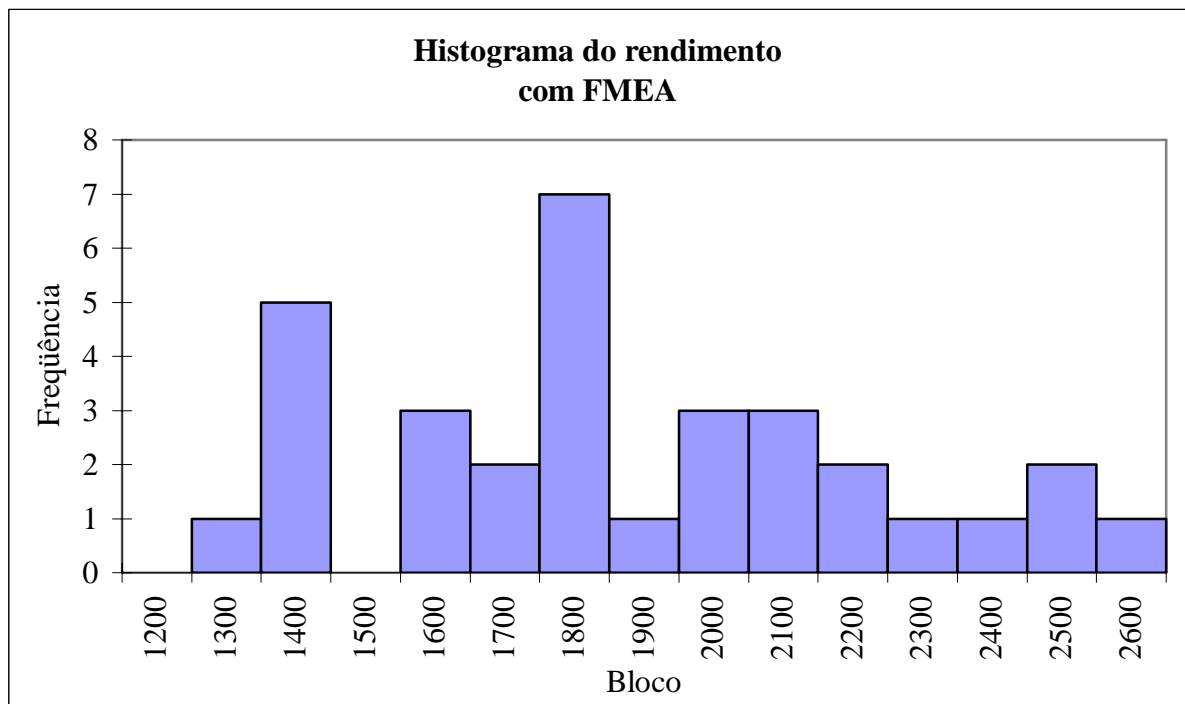


FIGURA 20 - Histograma do rendimento do cultivo de canola com FMEA

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES

Os setores produtivos do mundo moderno têm primado por uma escalada contínua na busca da excelência, procurando maximizar os fatores de produção, sem descuidar da sustentabilidade econômica, social e ambiental. Em que pese a aplicação de ferramentas da qualidade, o setor primário muito tem a se desenvolver neste contexto. Para tanto, se faz necessário o desenvolvimento de pesquisas que, aplicando ferramentas da qualidade aos processos produtivos, se constituam propulsoras de produtividade.

Em conformidade com o exposto, o presente estudo se propôs a analisar a possibilidade de otimizar os fatores de produção em cultivo de canola na Escola-Fazenda da SETREM, a partir da aplicação da Análise de Modos e Efeitos de Falha Potencial, FMEA, com a referência conceitual de que esta ferramenta da qualidade atua de maneira eminentemente preventiva, característica inerente aos processos de cultivo agrícola, os quais consomem suas ações em si próprios, dificultando, sobremaneira, o emprego, com sucesso, de ações corretivas.

6.1 Conclusões

O primeiro passo para a aplicação da atividade proposta foi a constituição da Equipe FMEA, a qual buscou identificar as potenciais causas originárias de redução no rendimento da cultura, gerando os formulários de entrada da FMEA dos subprocessos da canola, explicitados nos Quadros 7, 8, 9, 10 e 11. A estruturação destes quadros permitiu o mapeamento do processo de cultivo, desde a escolha da área e insumos a serem utilizados, até a colheita. Desta forma, a propriedade passa a preservar e agregar o conhecimento dos processos ao seu patrimônio, sendo necessárias, apenas, as revisões periódicas dos documentos estruturados, a fim de atualizá-los em acordo com a geração, pela pesquisa, de novos conhecimentos.

Uma vez mapeado o processo, foram identificados os modos de falhas potenciais merecedores de atenção prioritária, bem como seus possíveis efeitos mais graves, conforme demonstrado no Quadro 12. Para esta priorização foi utilizada a abordagem gráfica, embora também tenha sido estruturada a abordagem numérica, com o cálculo do número de prioridade de risco, NPR, para cada modo de falha potencial arrolado. Os baixos NPRs levantados salientam o bom nível tecnológico utilizado no processo de cultivo estudado.

Ao submeter as falhas priorizadas pela abordagem gráfica a uma matriz de investigação, foi possível concluir que as causas com alta influência no rendimento da cultura da canola, conforme é possível verificar no Quadro 13, são os erros ou negligências do responsável técnico, as falhas ou desatenções do operador e/ou do auxiliar de operação, a não conferência de regulagens dos equipamentos a campo, os erros de regulagem e a inadequada amplitude de regulagem dos equipamentos. Portanto, à exceção da última causa, todas as demais têm origem nas pessoas, o que explicita a importância do empreendimento rural contar, além do mapeamento dos processos de cultivo, com equipe treinada e capacitada.

Priorizadas as causas geradoras de falhas, foi efetuado um plano de ações preventivas visando, primeiramente, a erradicação das mesmas e, em caso de impossibilidade deste intuito, a diminuição de seus impactos. Este plano encontra-se demonstrado no Quadro 14. É notória a relação das causas priorizadas com três atividades do processo de cultivo da canola, quais sejam, a semeadura, a aplicação de adubo nitrogenado em cobertura e a colheita.

Objetivando comprovar a eficácia das ações preventivas aplicadas às causas prioritárias de diminuição de rendimento da cultura, foi instalada a campo uma pesquisa de laboratório, compreendendo duas áreas de cultivo, uma com aplicação da FMEA e outra, sem aplicação desta ferramenta. Como a colheita das amostras de ambos os processos foi efetuada manualmente, as ações referentes a esta prática, apontadas no plano de ações preventivas, não foram contempladas na pesquisa laboratorial, trabalhando-se, portanto, com as variáveis relativas à semeadura e aplicação de adubo nitrogenado em cobertura, conforme descrito no item 4.15 do Capítulo IV.

A comparação dos dados aferidos na pesquisa de laboratório possibilita concluir, primeiramente, que no processo de cultivo com aplicação de FMEA, conforme explicitado na Tabela 1 e na Figura 11, ocorreu o estabelecimento de melhor densidade populacional. A

Tabela 2 e a Figura 12 comprovam que, além de suscitar melhor população de plantas, o processo de cultivo que recebeu aplicação do plano de ações preventivas também apresentou melhor distribuição das mesmas.

Quanto ao desenvolvimento reprodutivo, é possível concluir, com base nas Tabelas 3 e 4, que, embora apresentando maior número de síliquas por planta, o processo que não recebeu a aplicação de FMEA teve resultado inferior. Esta constatação deve-se ao maior número total de síliquas que ocorreu no cultivo com FMEA, resultado originado da maior densidade populacional que o mesmo apresentou.

As Tabelas 5 e 6 explicitam que no processo com aplicação de FMEA, os grãos apresentaram umidade mais uniforme e em menor teor. Este fato é consequência direta da melhor distribuição populacional na área, pois esta, ao reduzir a competição das plantas por água, luz e nutrientes, propicia tanto o desenvolvimento quanto a maturação mais uniforme.

Conforme demonstrado nas Tabelas 7 e 8, o processo de cultivo sujeito à aplicação de FMEA apresentou rendimento 11,83 % superior. Este rendimento percentual representa, em termos físicos, 193 quilogramas por hectare, o que aporta, ao preço de comercialização praticado pela Empresa Camara Alimentos no dia 28 de outubro, de R\$ 39,50 por saca de 60 kg, um acréscimo de receita da ordem de R\$ 127,05 por hectare. Considerando que o preço do trigo, principal cultura de inverno na região do estudo, com peso hectolítrico acima de 78 estava, no período considerado, sendo adquirido pela COTRIMAIO a R\$ 18,00 a saca de 60 kg, para pagamento em 24 horas, o acréscimo de receita gerado pelo processo de cultivo de canola com aplicação de FMEA constitui-se em um resultado ainda mais significativo, uma vez que equivale a 7,06 sacas de trigo.

Segundo o exposto, é possível reportar-se ao problema concluindo que a aplicação da FMEA em cultivo agrícola de canola, nas condições edafo-climáticas do local do estudo, demonstrou ser uma prática viável, uma vez que acrescentou eficiência e eficácia ao processo, refletindo em maior rendimento à cultura.

6.2 Sugestões para trabalhos futuros

Cabe frisar que o presente estudo está limitado à cultura da canola submetida às condições de solo e clima da Escola-Fazenda da SETREM, na gleba denominada Área do Rapachi. Portanto, o mesmo pode servir de referência a novas pesquisas apenas no que diz respeito à metodologia adotada, sendo necessária, para aplicação da FMEA em outras glebas e outras culturas, adaptação dos critérios à realidade tecnológica e edafo-climática do ambiente considerado. Assim sendo, novas investigações científicas relacionando a FMEA com os cultivos agrícolas, seguem listadas, em sugestão:

- Aplicação de FMEA em cultivo de canola nas condições edafo-climáticas do cerrado brasileiro.

- Aplicação de FMEA em cultivo de canola em diferentes condições edafo-climáticas do Estado do Rio Grande do Sul, visando comprovar os resultados atingidos no presente estudo.

- Aplicação de FMEA aos processos localizados a montante e a jusante do processo de cultivo da canola.

- Aplicação de FMEA em processos de cultivo de outras espécies vegetais em variadas condições edafo-climáticas do Estado do Rio Grande do Sul, sobretudo em sua principal cultura, a soja, uma vez que o rendimento médio da cultura no estado é inferior a média da maioria dos estados brasileiros.

REFERÊNCIAS

ÁGUIILA, M. B.; APFEL, M. I, R., LACERDA, C. A. M de. Comparação morfológica e bioquímica entre ratos envelhecidos alimentados com dieta hiperlipídica e com óleo de canola. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, Rio de Janeiro, 68 (3) 155-161, 1997.

BARNI, N. A. Colza: um exemplo de trabalho integrado. **Lavoura Pecuária**, Porto Alegre, 3 (14) 3-5, 1980.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos. 1979. 647 p.

CANOLA COUNCIL OF CANADA. **Canola production tips**. Winnipeg: Canola Council of Canada. [2000?]. 44 p.

CARDOSO, R. M. de L.; OLIVEIRA, M. A. R. de; LEITE, R. M. V. B. de C.; BARBOSA, C. de J.; BALBINO, L. C. **Doenças da canola no Paraná**. Londrina: IAPAR; Cascavel: COODETEC. 1996. 32 p. (IAPAR. Boletim técnico, 51; COODETEC. Boletim técnico, 34).

CEV – CONSULTORES EM ENGENHARIA DO VALOR. **FMEA / AMFEC**. Lisboa: CEV – Consultores em Engenharia do Valor. 2000. 7 p. Disponível em: <http://www.cev.pt/info-tecnica/Gestao Valor/fmea.htm> . Acesso em: 12 out. 2003.

CHACRA EXPERIMENTAL INTEGRADA BARROW. **El cultivo de colza canola**. Buenos Aires: INTA. 1996. 17 p. (INTA – Centro Regional Buenos Aires Sur. Materiales de divulgación, 2). Disponível em: http://www.inta.gov.ar/barrow/info/documentos/agricultura/colza/resumen_colza.htm. Acesso em: 18 jul. 2004.

DAIMLER CHRYSLER C.; FORD M. C.; GENERAL MOTORS C. **Análise de modo e efeitos de falha potencial (FMEA)**: manual de referência. Patrocinada pela ANFAVEA. São Paulo. 2001. 72 p.

DIAS, J. C. A. **Canola/colza: alternativa de inverno com perspectiva de produção de óleo comestível e energético.** Pelotas: EMBRAPA-CPATB. 1992. 46 p. (EMBRAPA-CPATB. Boletim de Pesquisa, 3).

DOMICIANO, N. L.; SANTOS, B. **Pragas da canola: bases preliminares para manejo no Paraná.** Londrina: IAPAR. 1996. 16 p. (IAPAR. Informe de pesquisa, 120; COODETEC. Boletim de pesquisa, 35).

FOTOS DOS EXPERIMENTOS. In: Cursos Técnicos – Agropecuária. **Experimento – 23/06/2004.** Três de Maio: SETREM, 2004. Disponível em: http://www.setrem.com.br/album/area_exp_230604/index.htm. Acesso em: 20 nov. 2004.

GIL, A. C. **Técnicas de pesquisa em economia.** São Paulo: Atlas. 1991. 195 p.

GOMES, H. **Gerência da qualidade total na escola: ferramentas gráficas da qualidade.** Belo Horizonte: Sistema Pitágoras de Ensino. 1994. 90 p.

HELMAN, H.; ANDERY, P. R. P. **Análise de falhas (aplicação dos métodos de FMEA – FTA).** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni. 1995. 156 p.

KOCHANN, R. A.; DENARDIN, J. E. **Implantação e manejo do sistema plantio direto.** Passo Fundo: EMBRAPA TRIGO. 2000. 36 p. (EMBRAPA TRIGO. Documentos, 20).

LACKI, P. **Desarrollo agropecuario: de la dependencia al protagonismo del agricultor.** Santiago: Oficina regional de la FAO para América y el Caribe. 1995. 191 p. (FAO. Serie Desarrollo Rural, 9). Disponível em: <http://www.rlc.fao.org/prior/desrural/reforma/10014.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2003.

LACKI, P. Rentabilidade na agricultura: com mais subsídios ou com mais profissionalismo? Santiago: Escritório Regional da FAO para a América Latina e o Caribe. 1996. 12 p.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia científica: ciência e conhecimento científico, métodos científicos, teoria, hipóteses e variáveis.** São Paulo: Atlas. 1983. 231 p.

____ **Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos.** São Paulo: Atlas. 2001. 219 p.

LIMA, M. C. **Monografia: a engenharia da produção acadêmica.** São Paulo: Saraiva. 2004. 210 p.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de Marketing.** São Paulo: Atlas. 1996. 271 p.

MATZENAUER, R.; MALUF, J. R. T.; BISOTTO, V. VIOLA, E. A . **Indicações técnicas para a cultura do milho no Estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: FEPAGRO, EMBRAPA TRIGO, EMATER/RS, FECOAGRO/RS. 2001. 135 p.

MORRIS, D. H. **Canola and vitamin E.** Winnipeg: Canola Council of Canada, [2000?]. 2 p.

____ **Canola is good plant source of Omega-3 fatty acids.** Winnipeg: Canola Council of Canada, [2000 ?]. 2 p.

MORTIMORE, S.; WALLACE, C. **HACCP: enfoque práctico.** Zaragoza: Acribia. 2001. 427 p.

NUNES, L. G.; FAUSTINO, G. B. **F.M.E.A.: Modo de falha e análise do efeito.** Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa. 2004. 40 p. Disponível em: http://www.in3.dem.ist.utl.pt/mscdesign/01proj/pres14_1.pps. Acesso em: 17 set. 2004.

OLIVEIRA, S. L. **Tratado de metodologia científica: projetos de pesquisas, TGI, TCC, monografia, dissertações e teses.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning. 1999. 320 p.

PALADINI, E. P. **Controle de qualidade: uma abordagem abrangente.** São Paulo: Atlas, 1990. 239 p.

PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade no processo: a qualidade na produção de bens e serviços.** São Paulo: Atlas, 1995. 286 p.

PALADY, P. **FMEA: análise dos modos de falha e efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram**. São Paulo: IMAM. 1997. 270 p.

PESSOA, M. C. P. Y.; SILVA, A. de S.; CAMARGO, C. P. **Qualidade e certificação de produtos agropecuários**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 188 p. (EMBRAPA. Textos para Discussão, 14).

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel. 1981. 541 p.

REUNIÃO DA COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 36. **Indicações técnicas da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo**. Porto Alegre: FEPAGRO. 2004. 152 p.

REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 25. **Recomendações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 1997/98**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT. 1997. 130 p.

REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 31. **Soja: indicações técnicas 2003**. Porto Alegre: UFRGS. 2003. 136 p.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura. **Manual de conservação do solo**. Porto Alegre: 1979. 175 p.

ROSA, L. C. Curso de Especialização em Engenharia da Produção. **Sistemas de qualidade I**. Santa Maria: UFSM, 2002. 36 p.

SANTOS, H. P.; REIS, E. M. ; PEREIRA, L. R. Influência de sistemas de rotação de culturas no rendimento e na intensidade de doenças do sistema radicular de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 25 (8) 1201-1207, ago. 1990.

_____. Rotação de culturas: efeitos no rendimento de grãos e nas doenças do sistema radicular de trigo de 1980 a 1987. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 25 (11) 1627-1635, nov. 1990.

SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O .; BAIER, A . C. **Avaliação de germoplasmas de colza (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) padrão canola introduzidos no sul do Brasil, de 1993 a 1996, na Embrapa Trigo.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 10p. html.4 tab. (Embrapa Trigo. Boletim de pesquisa online, 6). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_bo06.htm Acesso em: 12 out. 2002.

SIQUEIRA, O. J. F. de. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1987. 100 p.

TACHIZAWA, T.; SCAICO, O. **Organização flexível: qualidade na gestão por processos.** São Paulo: Atlas, 1997. 335 p.

TOMM, G. O . **Canola: planejamento para o sucesso da sua lavoura.** Santa Rosa: Camera Indústria e Comércio. 2002. 4 p.

_____. Clima prejudica safra de canola. **Correio do Povo**, Porto Alegre, 16 de nov. 2004. Rural, p.14

_____. **Manual para cultivo da canola.** Passo Fundo: Camera Indústria e Comércio. 2003. 22 p.

_____. **Situação atual e perspectivas da canola no Brasil.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 2p.html.4ilust. (Embrapa Trigo. Comunicado técnico online, 58). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co58.htm. Acesso em: 6 out. 2002.

TRIOLA, M. F. **Introdução à estatística.** Rio de Janeiro: LTC. 1998. 410 p.

VEIGA, C. H. A. de; GARRAFA, M. **O Rio Grande do Sul no cenário evolutivo do agronegócio brasileiro.** Revista SETREM, Três de Maio, a. 3, n. 4, jan.jun. 2004, p. 35-41.

VELLOSO, J. A. R. de O.; GASSEN, D. N.; JACOBSEN, L. A. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas com pulverizadores de barra.** Passo Fundo: EMBRAPA – CNPT. 1984. 50 p. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 5).

VIAU, L. V. M.; CARBONERA, R. Avaliação de cultivares de colza introduzidas. In: COTRIJUI. **Contribuição do Centro de Treinamento COTRIJUI à Reunião de Programação de Pesquisa e Assistência Técnica da Colza – 1987**. Ijuí: COTRIJUI. 1987. p. 5-13.

ANEXOS

Anexo A

Critério de Avaliação de Severidade Sugerido da FMEA de Processo (PFMEA)

Efeito	Critério: Severidade do Efeito Esta classificação é o resultado do quanto um modo de falha potencial resulta em um defeito no cliente final e/ou na planta de manufatura/montagem. O cliente final deveria ser sempre considerado primeiro. Se ambos ocorrerem, usar a maior das duas severidades. (Efeito no Cliente)	Critério: Severidade do Efeito Esta classificação é o resultado de quando um modo de falha potencial resulta em um defeito no cliente final e/ou na planta de manufatura/montagem. O cliente final deveria ser sempre considerado primeiro. Se ambos ocorrerem, usar a maior das duas severidades. (Efeito na Manufatura/Montagem)	Índice de Severidade
Perigoso sem aviso prévio	Índice de severidade muito alto quando o modo de falha potencial afeta a segurança na operação do veículo e/ou envolve não conformidade com a legislação governamental sem aviso prévio.	Ou pode pôr em perigo o operador (máquina ou montagem) sem aviso prévio.	10
Perigoso com aviso prévio	Índice de severidade muito alto quando o modo de falha potencial afeta a segurança na operação do veículo e/ou envolve não-conformidade com a legislação governamental com aviso prévio.	Ou pode pôr em perigo o operador (máquina ou montagem) sem aviso prévio.	9
Muito alto	Veículo/Item inoperável (perda das funções primárias).	Ou 100% dos produtos podem ter que ser sucitados, ou o veículo/item reparado no departamento de reparo com um tempo de reparo maior que uma hora.	8
Alto	Veículo/Item operável, mas com níveis de desempenho reduzido. Cliente muito insatisfeito.	Ou os produtos podem ter que ser selecionados e uma parte (menor que 100%) sucitada, ou o veículo/item reparado no departamento de reparo com um tempo de reparo entre 0,5 hora e 1 hora.	7
Moderado	Veículo/Item operável, mas item(s) de Conforto/Conveniência inoperável(is). Cliente insatisfeito.	Ou uma parte (menor que 100%) dos produtos podem ter que ser sucitados sem seleção, ou o veículo/item reparado no departamento de reparo com um tempo de reparo menor que 0,5 hora.	6
Baixo	Veículo/Item operável, mas item(s) do	Ou 100% dos produtos podem ter que	5

	Conforto/Convivência operável(is) com níveis de desempenho reduzidos.	ser retrabalhados, ou o veículo/item reparado fora da linha mas não vai para o departamento de reparo.	
Muito baixo	Itens de Ajuste, Acabamento/Chiado de Barulho não-conformes. Defeito notado pela maioria dos clientes (mais que 75%)	Ou os produtos podem ter que ser selecionados, sem sucateamento, e uma parte (menor que 100%) ser retrabalhada.	4
Menor	Itens de Ajuste, Acabamento/Chiado de Barulho não-conformes. Defeito evidenciado por 50% dos clientes.	Uma parte (menor que 100%) dos produtos podem ter que ser retrabalhados, sem sucateamento, na linha mas fora da estação	3
Muito menor	Itens de Ajuste, Acabamento/Chiado de Barulho não-conformes. Defeito evidenciado por clientes acurados (menos que 25%)	Uma ou parte (menor que 100%) dos produtos podem ter que ser retrabalhados, sem sucateamento, na linha e dentro da estação.	2
Nenhum	Sem efeito identificado.	Ou pequena inconveniência no operador ou na operação, ou sem efeito.	1

Fonte: Daimler Chrysler, Ford & General Motors (2001, p.43)

Anexo B

Critério de Avaliação de Ocorrência Sugerido da FMEA do Processo (PFMEA)

Probabilidade	Taxas de falha possíveis	Índices de Ocorrência
Muito alta: Falhas Persistentes	≥ 100 por mil peças	10
	50 por mil peças	9
Alta: Falhas frequentes	20 por mil peças	8
	10 por mil peças	7
Moderada: Falhas ocasionais	5 por mil peças	6
	2 por mil peças	5
	1 por mil peças	4
Baixa: Relativamente poucas falhas	0.5 por mil peças	3
	0.1 por mil peças	2
Remota: Falha é improvável	≤ 0.01 por mil peças	1

Fonte: Daimler Chrysler, Ford & General Motors (2001, p.49)

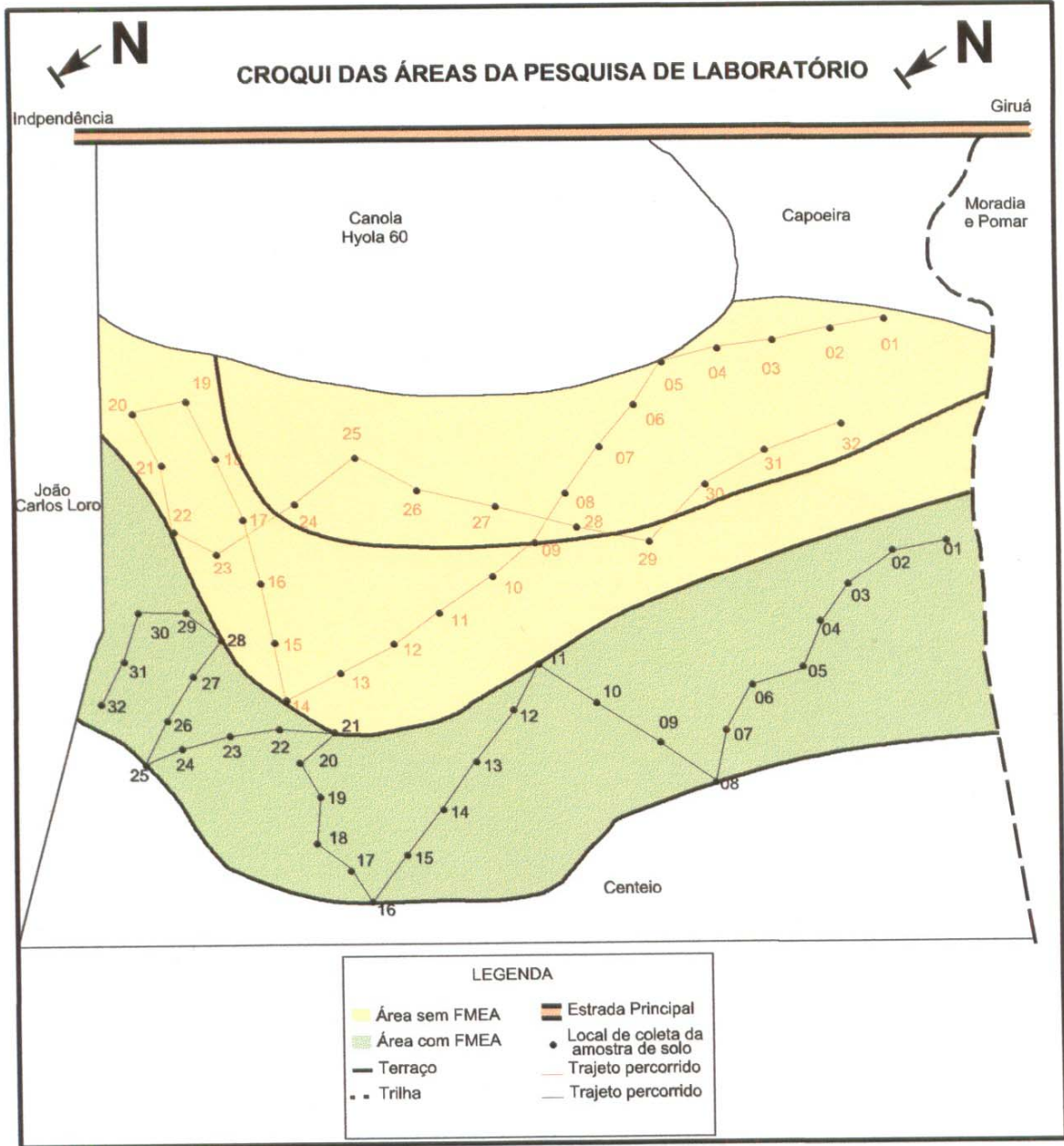
Anexo C

Critério de Avaliação de Detecção Sugerido da FMEA de Processo (PFMEA)

Detecção	Critério	Tipos de Inspeção			Faixas Sugeridas dos Métodos de Detecção	Índice de Detecção
Quase impossível	Certeza absoluta da não detecção.			X	Não pode detectar ou não é verificado.	10
Muito Remota	Controles provavelmente não detectar			X	Controle é alcançado somente com verificação aleatória ou indireta	9
Remota	Controles têm pouca chance de detecção			X	Controle é alcançado somente com inspeção visual	8
Muito Baixa	Controles têm pouca chance de detecção			X	Controle é alcançado somente com dupla inspeção visual	7
Baixa	Controle podem detectar.		X	X	Controle é alcançado com métodos gráficos tais como CEP (Controle Estatístico de Processo)	6
Moderada	Controle podem detectar.		X		Controle é baseado em medições por variáveis depois que as regras deixam a estação, ou em medições do tipo passa/não-passa feitas em 100% das peças depois que deixam a estação.	5
Moderadamente Alta	Controles têm boas chances para detectar	X	X		Detecção de erros em operações subsequentes, OU medições feitas na preparação de máquina e na verificação da primeira peça (somente para casos de preparação de máquina)	4
Alta	Controles tem boas chances para detectar	X	X		Detecção de erros na estação, ou em operações subsequentes por múltiplos níveis de aceitação: fornecer, selecionar, instalar, verificar. Não pode aceitar peça discrepante.	3
Muito Alta	Controles quase certamente detectarão	X	X		Detecção de erros na estação (medição automática com dispositivo de parada automática). Não pode passar peça discrepante.	2
Muito Alta	Controles certamente detectarão	X			Peças discrepantes não podem ser feitas porque o item foi feito a prova de erros pelo projeto do processo/produto.	1

Fonte: Daimler Chrysler, Ford & General Motors (2001, p.53)

Anexo D



ANEXO E

Espaçamento entre plantas de canola em Cultivo sem FMEA (mm)																																		
Amostra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32		
	198	97	200	171	222	103	209	61	77	288	89	148	54	112	192	151	39	221	84	225	33	318	108	335	68	146	112	12	268	41	76	105		
	33	82	20	67	278	57	202	42	28	200	10	30	27	38	35	119	94	1	142	54	342	220	45	0	27	89	67	110	42	110	4	0		
	81	117	112	46	27	1	102	51	41	56	1	32	71	27	105	52	82	22	19	30	197	264	171	129	19	65	54	77	61	36	278	24		
	18	34	33	174	74	38	31	101	105	3	70	225	55	111	135	230	49	76	96	6	17	222	89	74	23	87	199	444	77	235	128	86		
	66	255	88	221	135	3	104	25	85	19	222	134	112	79	62	128	68	238	78	48	3	68	90	88	78	226	19	72	7	57	12	21		
	104	177	121	38	153	55	40	201	69	21	7	130	30	98	1	23	292	82	33	0	162	109	62	30	145	78	27	6	49	45	22	406		
	31	55	24	28	75	34	306	21	11	31	50	186	70	82	301	35	1	1	12	159	15	18	2	108	63	70	213	76	35	114	59	137		
	288	198	11	101	26	114	25	32	56	58	19	68	17	115	25	107	23	92	32	81	227		65	21	150	76	119	28	84	14	18	294		
	31	43	27	39	52	252	108	85	21	208	169	112	62	37	122	45	92	138	10	60	108		102	43	104	0	133	74	0	95	211	51		
	0	129	32	32	145	50		93	1	57	153	88	80	22	45	38	79	63	109	15			53	34	0	69		52	169	118	182			
	98		55	81	97	55		52	42	100	248		68	65	48	92	87	112	17	119			61	22	51	15		72	28	32	15			
	19		74	3		47		31	94	2			148	113	115	117	27	56	18	178			203	23	3	148			100	5	154			
	89		82	42		32		77	28	281			36	112	122	83	175	41	25	30				112	119	17			92	39				
	22		48	151		35		209	72				73	65				110	32	38				8	86					31				
	38		77			188		48	5				29	54					4	40				6	137					66				
	90		142			109		91	119				49	121					2	94														
	7		101			122			28				36							27														
	28		108						117				35							25														
									114				3							3														
									55				2							89														
													2							4														
													22							28														
													45							4														
																				52														
																				170														
																				29														
Somatório	1241	1187	1355	1194	1284	1295	1127	1220	1168	1324	1038	1153	1126	1251	1308	1220	1108	1253	1144	1177	1104	1219	1051	1033	1073	1086	943	1023	1012	1038	1159	1124		
Média	68,9	118,7	75,3	85,3	116,7	76,2	125,2	76,3	58,4	101,8	94,4	115,3	49,0	78,2	100,6	93,8	85,2	89,5	44,0	73,6	122,7	174,1	87,6	68,9	71,5	83,5	104,8	93,0	77,8	69,2	96,6	124,9		
DesvPad	72,9	72,4	49,9	67,5	80,0	65,9	95,6	56,3	38,5	104,8	89,8	63,1	35,0	34,8	80,7	57,9	75,9	71,9	45,4	65,6	118,0	110,3	54,9	84,8	51,3	61,5	69,9	120,5	72,5	58,4	92,2	137,7		

ANEXO F

Número de síliquis por planta em Cultivo de canola sem FMEA

Amostra Plantas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	81	53	87	90	53	74	43	101	112	30	105	89	155	128	72	203	109	75	51	133	58	120	172	127	99	384	134	140	211	35	75
2	265	110	240	91	117	66	162	212	119	44	39	72	132	140	104	87	11	99	56	160	80	198	82	162	170	215	232	120	181	68	32
3	148	125	106	135	33	104	159	225	270	10	92	65	22	152	217	49	127	30	136	162	23	148	132	93	164	185	380	75	197	212	180
4	175	162	154	118	88	192	43	100	132	235	235	101	113	124	51	170	40	166	93	46	95	26	43	73	132	176	170	97	200	169	172
5	69	52	163	56	141	47	205	42	196	36	62	97	70	210	175	156	141	79	127	173	39	163	384	169	3	152	250	380	163	180	163
6	121	32	137	179	258	123	35	53	84	158	65	25	92	54	40	67	89	264	170	75	133	92	320	95	119	132	220	372	220	122	220
7	69	80	72	46	206	187	88	157	128	162	239	160	99	36	130	211	92	42	71	96	27	105	214	108	215	119	118	320	118	84	187
8	62	38	305	93	213	95	25	222	215	86	70	34	175	259	89	215	63	76	232	117	120	47	178	175	304	175	175	415	47	422	64
9	194	267	66	157	105	155	56	52	77	125	110	221	52	120	38	104	142	161	45	70	65	92		223	148	280	350	187		412	70
10	114	294	121	85	132	92	127	29	179	102	99	53	166	37	130	103	91	30	54	107	101	111		37	315	272	147	283		75	
11	295	276	195	200	167	78	156	31		141	115	147	62	13	175	55	197	2	40	156	98	64		120	132	64	137			17	
12	27		212	92	68	96		69		159	169	127	174	81		218	49	230	39		342			188	420	281	377			208	
13	181		199	85	98	251		238		197	183	34	218			26	57	22	53		307			33		81			102		
14	205			190				128			211	210	39				78	281	137		105			69		70			452		
15				122				262				1	107				67		109							210			174		
16												81	170					30											119		
17												90						238											237		
18												56																			
19												57																			
Total	2006	1489	2057	1739	1679	1560	1099	1921	1512	1485	1794	1720	1846	1354	1221	1664	1621	1557	1413	1295	1593	1166	1525	1672	2221	2796	2690	2389	1337	3088	1163

Número de siliquas por planta em Cultivo de canola COM FMEA																																	
Amostra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
1	85	43	154	26	38	189	201	51	91	138	74	3	59	62	73	72	39	74	60	129	63	137	122	33	80	113	135	160	43	18	24		
2	179	49	99	51	52	138	11	67	77	142	69	31	60	143	152	101	66	63	173	62	157	144	168	12	39	203	126	298	178	83	263		
3	26	54	23	255	59	92	163	65	94	28	162	22	188	325	100	10	192	125	113	40	96	133	124	120	15	39	94	172	65	16	158		
4	19	67	79	35	207	96	130	307	101	61	67	130	179	30	119	207	114	136	25	125	36	49	68	53	121	134	30	171	22	43	167		
5	21	61	29	154	131	132	180	28	113	80	128	120	136	36	116	171	161	101	53	207	104	126	104	51	21	106	26	112	35	25	135		
6	57	86	38	52	208	17	118	127	113	64	105	220	264	69	65	185	319	73	81	87	207	215	61	70	24	107	127	125	31	108	173		
7	67	120	39	223	312	12	360	290	219	73	59	209	93	132	109	27	211	121	149	143	428	42	128	67	83	178	63	220	134	45	17		
8	106	77	25	38	175	118	265	87	16	262	122	137	135	19	15	160	25	164	155	53	5	150	156	7	18	69	60	178	46	25	16		
9	58	82	104	35	37	123	160	102	19	42	81	146	35	20	96	11	250	5	166	226	168	100	149	53	57	16	14	262	135	17	164		
10	8	156	73	17	155	191	65	152	142	195	21	123	47	78	111	37	46	149	47	88	70	94	4	32	40	102	238	136	75	50	134		
11	181	85	123	216	69	121	249	135	146	190	114	274	32	41	299	297		75	20	22	102	136	16	13	12	123	29	23	105	26	265		
12	51	50	29	323	70	38	248	138	158	210	94	39	125	103	61	135		65	114	42	32	21	116	68	41	91	166	193	180	19	18		
13	186	16	135	68	32	47		101	178	129	98	130	53	34	116	19		129	25	109	243	186	99	61	80	101	102	41	186	31	73		
14	26	32	73	66	218	56		29			76	21	100	145	132	163		77	97	108	35	53	183	56	41	47	132	157	198	63	70		
15	36	69	145	130	195	132		395			139	125	60	153		111		208	51	47	135		56	78	57	98	79	77	61	96	88		
16	146	88	96	71	39	44					18	109	166	141					66	19	42		62	75	38	153	53		81	29	166		
17	127	121	84	85	119	23					109	33							175	159	23			101	37		139		45	176	62		
18	52	17	36	116	213						60	131							13	153				82	17		138		37	17			
19	87	87	146		114						9	53							107	9					73		85		218	87			
20	74	38	218		175						108										63								61	25			
21	45	235									23																				86		
22	174	136									48																				67		
23	147										110																				128		
24											127																				81		
25																																45	
26																																128	
27																																41	
28																																105	
29																																267	
30																																30	
31																																143	
32																																18	
33																																102	
Total	1958	1769	1748	1961	2618	1569	2150	2074	1467	1614	2021	2056	1732	1531	1564	1706	1423	1565	1690	1891	1946	1586	1616	1032	1488	1680	1836	2325	1936	2240	1993		