

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA MECÂNICA**

**METODOLOGIA DE PROJETO PARA A CONCEPÇÃO DE  
MÁQUINAS AGRÍCOLAS SEGURAS**

**Tese submetida à**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

**Para a obtenção do grau de**

**DOUTOR EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**AIRTON DOS SANTOS ALONÇO**

**Florianópolis, maio de 2004.**



### **Biografia do Autor**

**Airton dos Santos Alonço**, natural de Rio Grande/RS, é Engenheiro Agrícola formado pela Universidade Federal de Pelotas (1980) e Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração em Mecanização Agrícola, pela Universidade Federal de Santa Maria (1990).

Iniciou suas atividades profissionais em 1979, ainda acadêmico, como estagiário na Cooperativa Tritícola Serrana (COTRIJUI) em Rio Grande/RS. Trabalhou como consultor em granjas orizícolas e em escritórios de planejamento rural até 1982. Após, se transferiu para a EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Brasília/DF), onde atuou cerca de dez anos como pesquisador na área de Mecanização Agrícola, até julho de 1991, quando então foi transferido para o extinto Centro de Pesquisa Agropecuária de Terras Baixas de Clima Temperado da EMBRAPA em Capão do Leão/RS. Desenvolveu seus trabalhos no Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado da EMBRAPA (Pelotas/RS) desde sua criação até julho de 1997, ocasião em que solicitou demissão para assumir o cargo de Professor Assistente do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal de Santa Maria, onde, em outubro de 1996, havia prestado Concurso Público e sido aprovado em primeiro lugar.

Foi Professor Visitante da Fundação Universidade de Brasília (UnB), de outubro de 1990 a julho de 1991 e Pesquisador Orientador da Universidade Federal de Pelotas de agosto de 1991 até a presente data. Foi editor dos anais de duas reuniões técnicas, possui duas dissertações co-orientadas, dois livros, alguns capítulos de livros e cerca de cem artigos técnicos-científicos publicados, além de estar atualmente com dois livros no prelo. Como prêmios e distinções, foi agraciado com o SEGUNDO LUGAR, em 1991, com o prêmio VALMET DO BRASIL, auferido aos seis melhores trabalhos técnicos-científicos apresentados no XX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, realizado em Londrina/PR. Em 1996, lhe foi outorgado pela UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS, o título de AUTOR PIONEIRO da Nova Editora e Gráfica Universitária, por ter contribuído com o desenvolvimento editorial universitário. Finalmente, em 1997, a EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA), em sua Premiação Nacional de Projetos, conferiu ao mesmo, premiação por ser membro do projeto com a MAIOR QUALIDADE TÉCNICA do Brasil.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA MECÂNICA**

**METODOLOGIA DE PROJETO PARA A CONCEPÇÃO DE  
MÁQUINAS AGRÍCOLAS SEGURAS**

**AIRTON DOS SANTOS ALONÇO**

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de  
**DOCTOR EM ENGENHARIA**  
**ESPECIALIDADE ENGENHARIA MECÂNICA**  
Sendo aprovada em sua forma final.

---

**Acires Dias, Dr. Eng.– Orientador**

---

**André Ogliari, Dr. Eng. – Co-orientador**

---

**José Antônio Bellini da Cunha Neto, Dr. – Coordenador do Curso**

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Acires Dias, Dr. Eng.– Presidente**

---

**Carlos Cziulik, Ph.D. - Relator**

---

**Antônio Lilles Tavares Machado, Dr.**

---

**Augusto Weiss, Dr. Eng.**

---

**Fernando Antônio Forcellini, Dr. Eng.**

**“O professor medíocre expõe. O bom professor explica. O professor superior demonstra. O grande professor inspira”. (Willian Arthur Ward)**

**À memória de meus queridos pais, - que já partiram -, por não estarem tão longe, que minha saudade não os alcance;**

**À Ana Emilia, Airton Júnior e Pablo, - minhas eternas fontes de energia -, pelo amor, renúncia, apoio e transtornos que causei, todo o meu amor e reconhecimento.**

**À minha avó Carolina dos Santos Stigger.**

**Aos operadores de máquinas agrícolas brasileiros, inspiradores deste trabalho.**

# Agradecimentos

---

À Universidade Federal de Santa Maria, em especial ao Departamento de Engenharia Rural, pela oportunidade oferecida;

Aos Professores Acires Dias (Dr. Eng.) e André Ogliari (Dr. Eng.), pela paciência, amizade, compreensão, cumplicidade, confiança depositada e, também, pela valiosa orientação na consecução deste trabalho;

Ao Professor Ângelo Vieira dos Reis (Dr. Eng.), esposa e filha pelo incondicional apoio e verdadeira amizade oferecidos à minha família, em todos os momentos, desde que chegamos à Florianópolis;

Ao Professor Mauro Fernando Ferreira (M.Sc.) por conduzir nossos sonhos profissionais e pela amizade incondicional;

Ao Professor Flávio Luiz Folleto Eltz (Ph.D), pelo apoio logístico e amizade incondicional;

Aos Colegas do NeDIP/UFSC, pelo companheirismo oferecido e oportunidade de convívio;

Ao programa PICDT/CAPES/UFSC pelo auxílio financeiro;

À Acadêmica Valquíria Fonseca da Costa que, sem bolsa ou auxílio financeiro, ofereceu valiosa e decisiva colaboração na realização deste trabalho;

À minha prima, Prof<sup>a</sup>. Ana Maria Ferrúa Esteves, que jamais mediu esforços para auxiliar a mim e a minha família;

À minha prima, Prof<sup>a</sup>. Denise Stigger Rodrigues, pelo carinho, amizade e valiosa ajuda na consecução deste trabalho;

Ao Engenheiro Wanilson Martin Carrafa (M.Sc.), pela amizade e aquiescência de que eu pudesse desenvolver o estudo de caso sobre seu trabalho.

Aos Professores Membros da Banca Examinadora, pelas críticas e sugestões oferecidas.

**A todos, nosso reconhecimento.**

# Sumário

	Pág.
Biografia do Autor.....	iii
Dedicatórias.....	vii
Agradecimentos.....	viii
Sumário.....	ix
Lista de Figuras.....	xii
Lista de Tabelas.....	xiv
Lista de Quadros.....	xvi
Lista de Siglas, Símbolos e Abreviaturas.....	xvii
Resumo.....	xxi
Abstract.....	xxii
<b>Capítulo 1 - INTRODUÇÃO</b>	
1.1 - OBJETIVOS.....	2
1.2 - HIPÓTESES.....	4
1.3 - CONTRIBUIÇÕES.....	5
1.4 - CONTEÚDO DA TESE.....	5
<b>Capítulo 2 - CARACTERIZAÇÃO DE CONDIÇÕES INSEGURAS EM MÁQUINAS AGRÍCOLAS</b>	
2.1 - INTRODUÇÃO.....	7
2.2 - ACIDENTES DE TRABALHO.....	8
2.2.1 - Definição.....	8
2.2.2 - Acidentes de trabalho no mundo e no Brasil.....	9
2.2.3 - Partes do corpo atingidas pelos acidentes.....	12
2.3 - ACIDENTES DE TRABALHO NO MEIO RURAL.....	15
2.4 - ASPECTOS LEGISLATIVOS NO PROJETO E UTILIZAÇÃO SEGURA DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS.....	27
2.4.1 - Legislação.....	27
2.4.2 - Normas Regulamentadoras – NR.....	28
2.5 - COMENTÁRIOS FINAIS.....	29
<b>Capítulo 3 - ESTADO DA ARTE SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS BASEADOS EM SEGURANÇA</b>	
3.1 - INTRODUÇÃO.....	35
3.2 - VISÃO GERAL SOBRE METODOLOGIAS DE PROJETO.....	37
3.3 - ESTADO DA ARTE SOBRE O PROJETO PARA A SEGURANÇA	40
3.3.1 - Normas técnicas específicas para o processo de projeto.....	54
3.3.2 - Normas técnicas.....	58
3.4 - FERRAMENTAS DE AUXÍLIO AO PROJETO.....	60
3.4.1 - Análise preliminar de perigo (PHA).....	60
3.4.2 - Análise dos modos de pane e seus efeitos (FMEA).....	60
3.4.3 - Análise da árvore de panes (FTA).....	61
3.4.4 - Diagrama de Mudge.....	61
3.4.5 - Diagrama de Ishikawa.....	62
3.4.6 - Brainstorming.....	63
3.4.7 - Primeira matriz da casa da qualidade (QFD).....	64
3.4.8 - Análise dos modos de pane, seus efeitos e sua criticidade (FMECA).....	64
3.4.9 - Técnica de incidente crítico (CTI).....	64
3.4.10 - Listas de verificação e questionários estruturados.....	65
3.5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65
<b>Capítulo 4 - FATORES DE INFLUÊNCIA NA SEGURANÇA DE PRODUTOS</b>	
4.1 - INTRODUÇÃO.....	67
4.2 - TEORIAS MONO E MULTI CAUSAIS DE ACIDENTES.....	67
4.3 - A CONFIABILIDADE NA INTERAÇÃO HOMEM-MÁQUINA.....	70
4.3.1 - Confiabilidade humana.....	70
4.3.2 - Diferentes causas que levam ao erro humano na operação e controle de sistemas de produção.....	72
4.3.3 - Metáforas para operadores humanos.....	73
4.3.4 - Comentário.....	75
4.4 - ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE O SISTEMA SENSITIVO HU-	

MANO.....	76
4.5 - ALGUMAS ABORDAGENS SOBRE ERRO HUMANO.....	78
4.5.1 - Projeto de sistemas.....	79
4.5.2 - Capacitação para correção do erro.....	79
4.5.3 - Classificação de Erros de Projeto.....	80
4.6 - ERGONOMIA E SEGURANÇA NO PROJETO E UTILIZAÇÃO DE MÁ- QUINAS AGRÍCOLAS.....	82
4.6.1 - O ponto de partida.....	83
4.6.2 - O fator humano e suas limitações.....	83
4.7 - DIRETRIZES PARA O PROJETO DE PRODUTOS SEGUROS.....	84
4.8 - COMENTÁRIOS FINAIS.....	88
<b>Capítulo 5 – METODOLOGIA DE PROJETO PARA A SEGURANÇA: FASES INFORMACIO-     NAL E CONCEITUAL DO PROJETO.</b>	
5.1 - INTRODUÇÃO.....	95
5.2 - VISÃO GERALDA METODOLOGIA.....	95
5.2.1 - Recursos básicos.....	97
5.3 - PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DA EMPRESA EM RELAÇÃO À SEGURANÇA DO PRODUTO.....	99
5.4 - FASE INFORMACIONAL PARA O PROJETO SEGURO.....	103
5.4.1 - Busca de informações sobre o problema de projeto.....	103
5.4.1.1 - Pesquisar informações técnicas de mercado sobre o produto.....	105
5.4.1.2 - Benchmarking do produto.....	105
5.4.1.3 - Caracterização do ambiente operacional do produto.....	105
5.4.1.4 - Definição do ciclo de vida do produto.....	107
5.4.1.5 - Identificar normas para a segurança.....	108
5.4.2 - Identificação das necessidades e requisitos do usuário.....	108
5.4.3 - Definição dos requisitos de projeto.....	109
5.4.4 - Hierarquização dos requisitos de projeto.....	110
5.4.5 - Estabelecer as especificações de projeto.....	110
5.4.5.1 - Aplicar quadro de especificações de projeto.....	111
5.4.5.2 - Identificar na legislação, NR's, NRR e normas técnicas as restrições de proje- to.....	111
5.4.6 - Revisão do projeto informacional.....	112
5.5 - FASE CONCEITUAL PARA O PROJETO SEGURO.....	113
5.5.1 - Estabelecimento das estruturas funcionais do produto.....	114
5.5.2 - Selecionar a estrutura funcional que melhor atende o problema de projeto.....	117
5.5.2.1 - Análise das estruturas de funções com foco na segurança.....	118
5.5.3 - Estabelecer os princípios de solução que melhor atendem o problema de proje- to.....	120
5.5.3.1 - Relacionamento de restrições com cada princípio de solução encontrado.....	122
5.5.4 - Estabelecer as concepções de projeto que melhor atendem ao problema de projeto.....	123
5.5.4.1 - Escolha das melhores alternativas de concepção para o problema de projeto apresentado e seus respectivos princípios de solução para a segurança.....	123
5.6 - COMENTÁRIOS FINAIS.....	124
<b>Capítulo 6 – ESTUDO DE CASO: PROJETO PARA A CONCEPÇÃO DE UMA TRANSPLANTA-     DORA DE MUDAS SEGURA</b>	
6.1 - INTRODUÇÃO.....	127
6.2 - PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DA EMPRESA EM RELAÇÃO À SEGURANÇA DO PRODUTO.....	127
6.3 - FASE DE PROJETO INFORMACIONAL.....	128
6.3.1 - Busca de informações sobre o tema de projeto (Figura 5.5 – Atividade 1.1)..	128
6.3.1.1 - Caracterizar o ambiente operacional do produto (Figura 5.5 - Tarefa 1.1.3)....	128
6.3.1.2 - Definição do ciclo de vida do produto (Figura 5.5 – Tarefa 1.1.4).....	129
6.3.1.3 - Pesquisar normas para a segurança (Figura 5.5 – Tarefa 1.1.5).....	130
6.3.2 - Identificação das necessidades e requisitos do usuário (Figura 5.5 – Atividade 1.2).....	134
6.3.3 – Definição dos requisitos de projeto (Figura 5.5 – Atividade 1.3).....	136
6.3.4 – Hierarquização dos requisitos de projeto (Figura 5.5 – Atividade 1.4) e esta- belecer as especificações de projeto (Figura 5.5 – Atividade 1.5).....	136
6.3.4.1 – Identificar na legislação, NR's, NRR e normas técnicas as restrições de proje-	

to (Figura 5.5 – Atividade 1.5 – Tarefa 1.5.2).....	140
6.3.5 – Revisão do projeto informacional (Figura 5.5 – Atividade 1.6).....	141
6.3.5.1 – Aplicar a lista de verificação para averiguar se os requisitos e as restrições contemplam as estratégias da empresa para a segurança do produto (Figura 5.5 – Tarefa 1.6.1).....	141
6.4 – FASE DE PROJETO CONCEITUAL.....	142
6.4.1 – Estabelecer as estruturas funcionais do produto (Figura 5.11 – Atividade 2.1).	142
6.4.1.1 – Estabelecer a função global do produto (Figura 5.11 – Tarefa 2.1.1).....	142
6.4.1.2 – Análise da função global com foco na segurança do produto (Figura 5.11 – Tarefa 2.1.2).....	143
6.4.2 – Selecionar a estrutura funcional que melhor atende o problema de projeto (Figura 5.11 – Atividade 2.2 – Tarefas 2.2.1 e 2.2.2).....	144
6.4.2.1 – Analisar a estrutura de funções com foco na segurança (Figura 5.11 – Tarefa 2.2.3).....	145
6.4.3 – Estabelecer os princípios de solução que melhor atendem ao problema de projeto (Figura 5.11 – Atividade 2.3).....	153
6.4.3.1 – Relacionar restrições para cada princípio de solução encontrado (Figura 5.11 – Tarefa 2.3.4).....	154
6.4.4 – Estabelecer as concepções de projeto que melhor atendem ao problema de projeto (Figura 5.11 – Atividade 2.4).....	167
6.4.5 – Aplicação dos princípios de solução para a segurança, gerados pelas restrições, nos princípios de solução da transplantadora de mudas.....	174
6.5 – COMENTÁRIOS FINAIS.....	186
<b>Capítulo 7 – BANCO DE DADOS SOBRE ASPECTOS DE SEGURANÇA EM MÁQUINAS AGRÍCOLAS</b>	
7.1 – INTRODUÇÃO.....	189
7.2 – CONCEPÇÃO DO BANCO DE DADOS SOBRE ASPECTOS DE SEGURANÇA EM MÁQUINAS AGRÍCOLAS.....	189
7.3 – ABORDAGEM COMPUTACIONAL PARA O ARMAZENAMENTO E OBTENÇÃO DE ASPECTOS RELATIVOS À SEGURANÇA EM MÁQUINAS AGRÍCOLAS.....	192
7.3.1 – Banco de dados sobre aspectos de segurança em máquinas agrícolas.....	193
7.3.2 – Cadastro geral do banco de dados sobre aspectos de segurança em máquinas agrícolas.....	199
7.4 – COMENTÁRIOS FINAIS.....	201
<b>Capítulo 8 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	
8.1 – INTRODUÇÃO.....	203
8.2 – CONCLUSÕES.....	203
8.3 – RECOMENDAÇÕES.....	205
<b>Capítulo 9 – BIBLIOGRAFIA CONSULTADA</b>	
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	207

# Lista de Figuras

FIGURA	Pág.
<b>Capítulo 1 – INTRODUÇÃO</b>	
<b>Capítulo 2 - CARACTERIZAÇÃO DE CONDIÇÕES INSEGURAS EM MÁQUINAS AGRÍCOLAS</b>	
2.1 - Distribuição dos acidentes de Trabalho por ramo de atividade.....	8
2.2 - Pirâmide de distribuição de freqüência/gravidade de acidentes.....	10
2.3 - Distribuição dos acidentes de trabalho por local da lesão (Joinville/1998).....	14
2.4 - Empinamento de tratores: seqüência e tempo de emborcamento.....	16
2.5 - Empinamento de tratores.....	16
<b>Capítulo 3 - ESTADO DA ARTE SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS BASEADOS EM SEGURANÇA</b>	
3.1 - Metodologia de projetos.....	36
3.2 - Síntese comparativa entre metodologias de projeto.....	38
3.3 - Modelo de consenso para o projeto sistemático de produtos.....	39
3.4 - Processo de projeto para a segurança (Conceito). .....	43
3.5 - Método para o projeto de produtos seguros. ....	45
3.6 - Matriz de possíveis situações de aprisionamento.....	47
3.7 - Método para a resolução dos perigos.....	48
3.8 - Informações sobre segurança específica do produto a serem incluídas nas instruções do usuário.....	49
3.9 - Principais decisões que ocorrem paralelamente ao processo de projeto.....	51
3.10 - Representação esquemática geral de uma máquina.....	56
3.11 - Representação esquemática da estratégia para selecionar as medidas de segurança adotadas pelo projetista.....	57
3.12 - Dimensões do alcance através de telas ou grades.....	59
3.13 - Diagrama de Ishikawa comum.....	62
<b>Capítulo 4 – FATORES DE INFLUÊNCIA NA SEGURANÇA DE PRODUTOS</b>	
4.1 - Análise básica do acidente/incidente.....	70
4.2 - Protótipo de processamento do mecanismo de informação.....	75
4.3 - Processamento das informações vindas do mundo exterior.....	77
4.4 - Questões baseadas na teoria mono causal para auxiliar no levantamento de necessidades de projeto.....	88
4.5 - Relações entre os envolvidos no sistema da teoria multi causal da ocorrência de acidentes e a criação de “campos de prevenção” para contê-los.....	89
4.6 - Contribuição que a teoria multi causal poderá oferecer à equipe de projeto no que tange à segurança.....	89
<b>Capítulo 5 – METODOLOGIA DE PROJETO PARA A SEGURANÇA: FASES INFORMACIONAL E CONCEITUAL DO PROJETO.</b>	
5.1 - Visão geral da metodologia para a segurança.....	91
5.2 - Exemplos de problemas de projeto que potencialmente podem ser originados no planejamento estratégico da empresa.....	100
5.3 - Ferramenta para a análise da conformidade com a segurança (F17).....	101
5.4 - Exemplos de determinações extraídas da Legislação e Normas Regulamentadoras existentes no BDASMA.....	102
5.5 - Projeto informacional para a segurança.....	104
5.6 - Interfaces do atributo de segurança no contexto homem/Máquina/Ambiente e pressões externas.....	106
5.7 - Caracterização do ambiente operacional do produto com foco na segurança, considerando o relacionamento homem/máquina (F 18).....	107
5.8 - Exemplo de algumas restrições oriundas das determinações e vinculadas a atributos de segurança (D 16) existentes no BDASMA (F 19).....	111
5.9 - Especificações de projeto e restrições de segurança (D 8 + D 16).....	112
5.10 - Lista de verificação para requisitos e restrições para a segurança do produto (F 20).....	113
5.11 - Projeto conceitual para a segurança.....	115
5.12 - Ferramenta para ajudar a identificar potenciais perigos quando do estabelecimento da função global do produto (F 21).....	117
5.13 - Estrutura mínima de atributos de segurança para máquinas agrícolas.....	119
5.14 - Matriz de relacionamento entre restrições e princípios de solução para a segu-	

rança para atender a estas restrições (F 22).....	120
5.15 - Ferramenta de auxílio à equipe de projeto para análise da estrutura de funções com foco na segurança do produto (F 23).....	121
5.16 - Relacionamento entre os princípios de solução encontrados e as restrições de segurança (F 24).....	122
5.17 - Matriz morfológica do relacionamento dos princípios de solução para a segurança com os princípios de solução para concepção de uma determinada máquina agrícola (F 25).....	124
<b>Capítulo 6 – ESTUDO DE CASO: PROJETO PARA A CONCEPÇÃO DE UMA TRANSPLANTADORA DE MUDAS SEGURA</b>	
6.1 - Fluxos genéricos de energia, material e sinal com base no relacionamento homem/máquina para a caracterização do ambiente operacional.....	129
6.2 - Interface para a busca das <i>determinações</i> legislativas e normativas existentes no BDASMA relativas à transplantadora de mudas.....	131
6.3 - Função global para o transplante de mudas.....	143
6.4 - Estrutura funcional selecionada para atender o problema de projeto.....	146
6.5 - Princípios de solução para a segurança para cada função que terá que executar a transplantadora de mudas (F 23).....	152
6.6 - Representação da concepção escolhida para a transplantadora de mudas.....	174
6.7 - Módulos que compõe a transplantadora de mudas.....	175
<b>Capítulo 7 – BANCO DE DADOS SOBRE ASPECTOS DE SEGURANÇA EM MÁQUINAS AGRÍCOLAS</b>	
7.1 - Roteiro para a obtenção das restrições de segurança.....	190
7.2 - Roteiro para a obtenção das <i>restrições de segurança</i> e dos <i>princípios de solução para a segurança</i> no projeto de uma transplantadora de mudas.....	191
7.3 - Interface de abertura do banco de dados sobre aspectos de segurança em máquinas agrícolas.....	193
7.4 - Interface para busca sobre atributos de segurança ou legislação e normas de forma direta ou então através de palavras-chave.....	193
7.5 - Interface da seqüência de ocorrências, caso tivesse sido acionado o botão ATRIBUTOS DE SEGURANÇA na Figura 7.4.....	194
7.6 - Interface surgida da seleção na Figura 7.5 do atributo ELEMENTOS MECÂNICOS.....	194
7.7 - Interface para busca de atributos de segurança por palavras-chave.....	195
7.8 - Interface entre atributo de segurança e palavras-chave relacionadas ao mesmo	196
7.9 - Mensagem de inexistência de palavra-chave procurada.....	196
7.10 - Interface de busca de Norma Regulamentadora através de palavra-chave.....	197
7.11 - Interface que apresenta o resultado da busca por palavra-chave.....	197
7.12 - Interface surgida pela busca através do botão LEGISLAÇÃO E NORMAS apresentado na Figura 7.4.....	198
7.13 - “Janela” de busca de Norma Regulamentadora surgida quando da seleção deste tema na Figura 7.12.....	198
7.14 - Interface que apresenta um pequeno resumo da Norma regulamentadora que poderá ou não ser consultada na íntegra.....	199
7.15 - Interface para cadastro ou exclusão de Atributos de Segurança e Legislação e Normas regulamentadoras.....	200
7.16 - Detalhe dos botões utilizados para inserção ou exclusão de dados.....	200
<b>Capítulo 8 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	
<b>Capítulo 9 – BIBLIOGRAFIA CONSULTADA</b>	

# Lista de Tabelas

TABELA	Pág.
<b>Capítulo 1 – INTRODUÇÃO</b>	
<b>Capítulo 2 – CARACTERIZAÇÃO DE CONDIÇÕES INSEGURAS EM MÁQUINAS AGRÍCOLAS</b>	
2.1 - As três atividades econômicas com maior número de concessão de benefícios por acidentes de trabalho – Ano 1997.....	13
2.2 - Parte do corpo do trabalhador rural atingida.....	15
2.3 - Parte do corpo do trabalhador rural atingida, no estado de São Paulo, em 2001.....	15
2.4 - Tipos de lesões sofridas pelos operadores, no estado de São Paulo, em 2001...	15
2.5 - Causas e circunstâncias de acidentes ocorridos com tratores na Itália em 1977.....	16
2.6 - Ferimentos fatais, por causa, no meio rural da Grã Bretanha.....	19
2.7 - Ferimentos fatais, por atividade principal, no meio rural da Grã Bretanha.....	20
2.8 - Número de acidentes ocorridos no meio rural, de acordo com o sexo do acidentado.....	20
2.9 - Residência dos trabalhadores rurais acidentados.....	20
2.10 - Relação de trabalho na propriedade rural.....	21
2.11 - Faixa etária dos trabalhadores rurais acidentados.....	21
2.12 - Local da propriedade rural onde ocorreu o acidente.....	22
2.13 - Tarefa que estava sendo executada pelo trabalhador rural quando ocorreu o acidente.....	22
2.14 - Tarefa que estava sendo executada pelo trabalhador rural quando ocorreu o acidente, no estado de São Paulo, em 2001.....	23
2.15 - Se o trabalhador rural acidentado foi internado em hospital.....	23
2.16 - Estado provocado no trabalhador rural acidentado.....	23
2.17 - Causas específicas dos acidentes ocorridos na região central do Rio Grande do Sul.....	24
2.18 - Distribuição das classes de idades dos operadores e com pessoas não diretamente envolvidas com a operação no estado de São Paulo em 2001.....	25
2.19 - Tempo de envolvimento na função de operador de máquinas e porcentual de acidentes.....	25
2.20 - Características da ocorrência de acidentes no meio rural, no estado de São Paulo, em 2001.....	26
<b>Capítulo 3 – ESTADO DA ARTE SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS BASEADOS EM SEGURANÇA</b>	
<b>Capítulo 4 – FATORES DE INFLUÊNCIA NA SEGURANÇA DE PRODUTOS</b>	
4.1 - Erros de informação em projetos relativos a um determinado produto.....	80
4.2 - Erro de informação relativa a classes de produto em projetos.....	80
4.3 - Fontes de erro em atividades de projeto.....	81
4.4 - Fontes de erro em Comunicação.....	81
<b>Capítulo 5 – METODOLOGIA DE PROJETO PARA A SEGURANÇA: FASES INFORMACIONAL E CONCEITUAL DO PROJETO.</b>	
5.1 - Lista de documentos sugeridos na metodologia de projeto para a segurança....	97
5.2 - Ferramentas sugeridas para uso no desenvolvimento de um produto seguro de acordo com a metodologia para a segurança.....	98
<b>Capítulo 6 – ESTUDO DE CASO: PROJETO PARA A CONCEPÇÃO DE UMA TRANSPLANTADORA DE MUDAS SEGURA</b>	
6.1 - Caracterização do ambiente operacional com foco na segurança, considerando o relacionamento homem/transplantadora de mudas (F 18).....	129
6.2 - Análise do ciclo de vida da transplantadora de mudas.....	130
6.3 - Determinações referentes à segurança encontradas no Decreto Presidencial nº 1.255 e na NRR que nortearão o projeto para a concepção de uma transplantadora de mudas segura.....	131
6.4 - Caracterização dos potenciais consumidores.....	135
6.5 - Necessidades dos clientes relacionadas ao ciclo de vida do produto.....	135
6.6 - Especificações de projeto do produto hierarquizadas com a utilização da Casa da Qualidade.....	137

6.7 - Restrições de segurança (D 16).....	140
6.8 - Potenciais perigos identificados quando do estabelecimento da função global do produto.....	144
6.9 - Matriz de relacionamento entre as <b>restrições</b> e os <b>princípios de solução para a segurança</b> que atendem a estas restrições.....	147
6.10 - Geração dos módulos construtivos.....	153
6.11 - Relacionamento entre os princípios de solução encontrados e as restrições de segurança.....	156
6.12 - Matriz morfológica de relacionamento entre os princípios de solução e as soluções técnicas (F 25).....	168
6.13 - Matriz de alternativa construtiva para a transplantadora de mudas.....	172
6.14 - Matriz para estimativa do custo dos módulos construtivos para a transplantadora de mudas.....	173
6.15 - Matriz de seleção da alternativa construtiva mais promissora.....	173
6.16 - Comparação dos princípios de solução gerados com e sem a utilização da metodologia para a concepção de máquinas agrícolas seguras.....	176
6.17 - Análise da situação de incorporação ou não dos PSS relacionados a cada restrição vinculadas aos atributos de segurança.....	185
<b>Capítulo 7 – BANCO DE DADOS SOBRE ASPECTOS DE SEGURANÇA EM MÁQUINAS AGRÍCOLAS</b>	
<b>Capítulo 8 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	
<b>Capítulo 9 – BIBLIOGRAFIA CONSULTADA</b>	

# Lista de Quadros

---

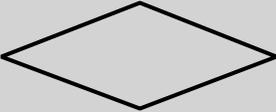
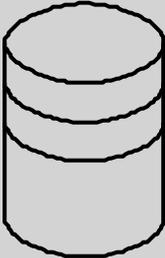
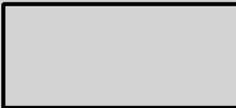
QUADRO	Pág.
<b>Capítulo 1 – INTRODUÇÃO</b>	
<b>Capítulo 2 – CARACTERIZAÇÃO DE CONDIÇÕES INSEGURAS EM MÁQUINAS AGRÍCOLAS</b>	
2.1 - Diretriz principal para a configuração da metodologia (banco de dados).....	32
<b>Capítulo 3 – ESTADO DA ARTE SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS BASEADOS EM SEGURANÇA</b>	
3.1 - Conhecimento Básico.....	42
3.2 - Programa de Tarefas para Segurança dos Produtos.....	52
3.3 - Lista de verificação da administração.....	55
<b>Capítulo 4 – FATORES DE INFLUÊNCIA NA SEGURANÇA DE PRODUTOS</b>	
<b>Capítulo 5 – METODOLOGIA DE PROJETO PARA A SEGURANÇA: FASES INFORMACIONAL E CONCEITUAL DO PROJETO.</b>	
<b>Capítulo 6 – ESTUDO DE CASO: PROJETO PARA A CONCEPÇÃO DE UMA TRANSPLANTADORA DE MUDAS SEGURA</b>	
<b>Capítulo 7 – BANCO DE DADOS SOBRE ASPECTOS DE SEGURANÇA EM MÁQUINAS AGRÍCOLAS</b>	
<b>Capítulo 8 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	
<b>Capítulo 9 – BIBLIOGRAFIA CONSULTADA</b>	

# Lista de Siglas, Símbolos, Abreviaturas e Glossário

---

**ABNT:** Associação Brasileira de Normas Técnicas;  
**ABPA:** Associação Brasileira para Prevenção de Acidentes;  
**ASAE:** American Society of Agricultural Engineers;  
**ASO:** Atestado de Saúde Ocupacional;  
**AT:** Acidente de Trabalho;  
**ATF:** Acidentes de Trabalho Fatais;  
**Atj:** Acidente de Trajeto;  
**Atp:** Acidente Típico;  
**Atr:** Acidente de Trânsito;  
**AVA-ASAJA:** Associação Valenciana de Agricultores (Espanha);  
**BDASMA:** Banco de Dados sobre Aspectos de Segurança em Máquinas Agrícolas;  
**BNH:** Banco Nacional de Habitação;  
**CAD:** Computer Aided Design;  
**CANPATR:** Campanha Nacional de Prevenção de Acidentes do Trabalho Rural;  
**CAT:** Comunicação de Acidentes de Trabalho;  
**CIPATR:** Comissões Internas de Prevenção de Acidentes do Trabalho Rural;  
**CLT:** Consolidação das Leis do Trabalho;  
**CNAE:** Classificação Nacional de Atividades Econômicas (IBGE);  
**CNI:** Confederação Nacional da Indústria;  
**CPATR:** Comissão de Prevenção de Acidentes do Trabalho Rural;  
**CPM:** Common Performance Modes (Modos Comuns de Desempenho);  
**CPNR:** Comitê Permanente Nacional de Segurança e Saúde no Trabalho Rural;  
**CPRR:** Comitês Permanentes Regionais de Segurança e Saúde no Trabalho Rural por Unidades da Federação;  
**CTI:** Critical Incident Technique (Técnica de Incidente Crítico);  
**DA:** Administrador de Dados;  
**DBA:** Data Base Administrador;  
**DCL:** Data Constraint Language;  
**DD:** Dicionário de Dados;  
**DDL:** Data Definition Language;  
**DETERMINAÇÕES:** Termo definido para a representação das exigências legislativas sobre aspectos de segurança que deverão ser obrigatoriamente considerados no projeto do produto;  
**DFS:** Design for Safety (Projeto para a Segurança);  
**DFx:** Design for X (Projeto para x)  
**DML:** Data Manipulation Language;  
**Don:** Doença  
**DORT:** Distúrbios Osteomusculares;  
**DRT:** Delegacia Regional do Trabalho;  
**DSST:** Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho;  
**ED:** Estrutura de Dados;  
**EN/CEN –** European Committee for Standardization;  
**FIDA:** Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola;  
**FMEA:** Failure Mode and Effects Analysis (Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos);  
**FMECA:** Failure Mode, Effects and Criticality Analysis (Análise dos Modos de Falha, seus Efeitos e sua Criticidade);  
**FTA:** Fault Tree Analysis (Análise da Árvore de Falhas);  
**Hom:** Homicídio;

**HSE:** Health & Safety Executive;  
**IBGE:** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;  
**INSS:** Instituto Nacional de Seguridade Social;  
**ISO:** International Organization for Standardization;  
**LER:** Lesões por Esforços Repetitivos;  
**MCT:** Memória de Curto Termo;  
**MET:** Ministério do Trabalho e Emprego;  
**MLT:** Memória de Longo Termo;  
**MMI:** Man Machine Interaction (Interação Homem-Máquina);  
**MMS:** Man Machine System (Sistema Homem-Máquina);  
**MPAS:** Ministério da Previdência e Ação Social;  
**MTBF:** Mean Time Between Failures (Tempo Médio entre Falhas);  
**NEDIP:** Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos;  
**NEMA:** Núcleo de Ensaio de Máquinas Agrícolas;  
**NR:** Norma Regulamentadora;  
**NRR:** Norma Regulamentadora Rural;  
**OIT:** Organização Internacional do Trabalho;  
**ONU:** Organização das Nações Unidas;  
**OSHA:** Agência Norte Americana de Segurança Ocupacional;  
**PAT:** Programa de Alimentação do Trabalhador;  
**PBQP:** Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade;  
**PDM:** Product Data Management;  
**PHA:** Preliminary Hazard Analysis (Análise Preliminar de Perigos);  
**PIB:** Produto Interno Bruto;  
**PMI:** Design Management Institute (Instituto de Gerência de Projetos);  
**PSF:** Performance Shaping Factors (Fatores que Configuram a Performance);  
**PSS:** Princípios de Solução para a Segurança. Termo definido para a representação de “soluções” obtidas da legislação e normas para a concepção segura de máquinas agrícolas;  
**QFD:** Quality Function Deployment (Casa da Qualidade, Desdobramento da Função Qualidade e outros)  
**QSP:** Centro da Qualidade, Segurança e Produtividade para o Brasil e América Latina;  
**RESTRICÇÕES:** Termo definido para a representação das “especificações de segurança” que deverão ter observância obrigatória no processo de projeto;  
**RI:** Restrição de Integridade;  
**SENAR:** Serviço Nacional de Aprendizagem Rural;  
**SEPATR:** Serviço Especializado em Prevenção de Acidentes do Trabalho Rural;  
**SESTR:** Serviço Especializado em Segurança e Saúde no Trabalho Rural;  
**SGBD:** Sistema Gerenciador de Banco de Dados;  
**SIT:** Secretaria de Inspeção do Trabalho;  
**S-O-R:** Stimulus-Organism-Response (Estímulo-Organismo-Resposta);  
**TIR:** Taxa Interna de Retorno;  
**UE:** União Européia;  
**UFPEL:** Universidade Federal de Pelotas;  
**UFSC:** Universidade Federal de Santa Catarina;  
**UFSM:** Universidade Federal de Santa Maria;  
**UNB:** Universidade federal de Brasília.

SÍMBOLOS BÁSICOS	SIGNIFICADOS DOS SÍMBOLOS DENTRO DO PROCESSO DE PROJETO
	Início ou fim do processo de projeto
	Processo, ação ou atividade a ser executada
	Avaliação dentro do processo de projeto
	Documento a ser impresso
	Entrada ou saída de dados ou informações
	Armazenamento de dados ou informações
	Comentários
	Preparação ou elaboração de dados ou informações
	Seqüência do processo de projeto
	Retorno dentro do processo de projeto

Revisão: **Denise Stigger Rodrigues – Reg. MEC LP nº 13.422**

**Copyright © 2004 – Airton dos Santos Alonço**

**É permitida a reprodução desde que citada a fonte.**

ALONÇO, A. dos S. **Metodologia de projeto para a concepção de máquinas agrícolas seguras**. Florianópolis: UFSC, 2004. 221 p. Tese de Doutorado em Eng. Mecânica.

E. Mail do Autor: [alonco@ccr.ufsm.br](mailto:alonco@ccr.ufsm.br)

# Resumo

Devido às exigências crescentes dos consumidores e da legislação, cada vez mais é exigido dos produtos para conquistar e se manter no mercado, adequadas características de funcionalidade, segurança, confiabilidade, facilidade de montagem, não agressão ao ambiente e outros. A consideração destes diversos atributos para o projeto do produto, requer processos de projeto suportados por ferramentas, técnicas e métodos que facilitem a captura de informações precisas, organizadas, atualizadas e confiáveis. Neste trabalho, optou-se por gerar uma metodologia que contemple os aspectos de segurança humana, nas atividades de operação e manutenção de máquinas e implementos.

O estudo de caso para a validação da metodologia proposta foi realizado em uma transplantadora de mudas desenvolvida no Nedip/UFSC. Tal escolha, deve-se à necessidade e à importância da segurança humana neste campo de produção, além da própria relevância do setor de mecanização agrícola para o cenário produtivo brasileiro. Ressalta-se que o setor agrícola tem um dos maiores índices de acidentes de trabalho, nas atividades de operação e de manutenção, resultantes da interação de atividades com máquinas e implementos.

Para a consecução deste trabalho, realizou-se a caracterização de fatores de influência na segurança de máquinas; modelamento do processo de projeto considerando os fatores de influência para a segurança de máquinas; desenvolvimento de métodos de apoio ao projeto de máquinas com enfoque em segurança; aplicação e avaliação do modelo proposto e das ferramentas desenvolvidas, no projeto de uma máquina agrícola, na forma de um estudo de caso. Para isso, foi desenvolvido um programa computacional na forma de banco de dados sobre aspectos de segurança em máquinas agrícolas, a fim de permitir o rápido acesso pelo projetista a informações contidas na Legislação, Normas Regulamentadoras, Norma Regulamentadora Rural, Normas Técnicas Nacionais e Internacionais, literatura e experiência.

Com a aplicação da metodologia foi possível constatar que, dos 73 *princípios de solução para a segurança* relacionados a cada *restrição de projeto* vinculadas aos *atributos de segurança*, 22 foram incorporados ao projeto nestas fases estudadas, 25 ficaram previstos para serem incorporados em fases posteriores do processo de projeto e 26 não se aplicam à máquina que foi estudada. Portanto, o resultado obtido se mostrou eficaz, visto que no seu contexto geral a metodologia poderá ser utilizada também para o desenvolvimento de outros produtos (resguardadas as especificidades das ferramentas e documentos que acompanham a mesma), além de efetivamente garantir a inserção do atributo segurança nas fases informacional e conceitual do processo de projeto.

**Palavras Chave:** Acidentes; segurança; máquinas agrícolas; metodologia de projeto.

# Abstract

---

Due to the consumers' growing demands and more strict legislations, products have to present high performance in: a) functionality characteristics; b) safety; c) reliability; d) assembly easiness; e) non-aggression to the environment; amongst others, in order to remain competitive in the market. The consideration of these several attributes during product design, requires design processes supported by tools, techniques and methods that facilitate the capture of precise, organized, updated and liable information. In this work, we have opted to develop a methodology that contemplates human safety's aspects, in the operation and maintenance activities of machines and implements.

The case study for the validation of the proposed methodology has been accomplished in a transplanter of seedlings developed in Nedip/UFSC. Such choice is due to the need of the human safety and its importance in this production field, besides the own importance of the agricultural mechanization for the Brazilian productive scenery. It is pointed out that the agricultural area has one of the largest indexes of work accidents, in the operation and maintenance activities, resultants of interaction with machines and implements.

For the accomplishment of this work, it has been performed a: characterization of influence factors in the safety of machines; modeling the design process considering the influence factors for the safety of machines; development of support methods to the design of machines focusing on safety; application and evaluation of the proposed model as well as the developed tools, considering the design of an agricultural machine, in the form of a case study. For that, a software has been developed, in the database form, on aspects of safety of agricultural machines, allowing the designer a fast access to the information contained in the Legislation, Norms of Regulation, Norm of Agricultural Regulation, National and International Standards, literature and experience.

With the methodology application it has been possible to verify that, of the 73 solution principles for the safety related to each project restriction linked to safety's attributes, 22 have been incorporated to the project in these studied phases, 25 have been left to be incorporated in subsequent phases of the project process and 26 are not applicable to the machine that have been studied. Therefore, the obtained results can be considered effective, because in the general context, the methodology will also be able to be used for the development of other products (respecting the particularities of the tools and documents that come with it). Additionally, it also guarantees that the safety attributes are inserted in the informational and conceptual phases of the project process.

**Key Words:** Accidents; safety; agricultural machines; design methodology.

# Capítulo 1 — INTRODUÇÃO

No Brasil, segundo Alonço (2001 a), embora seja relativamente pouco estudado e divulgado, o número de acidentes com trabalhadores que operam máquinas agrícolas é expressivo e, embora existam divergências entre os números divulgados pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) e pela Organização Internacional do Trabalho (OIT), estima-se que em média são gastos anualmente cerca de US\$ 1,1 bilhão somente com benefícios pagos pelo INSS devido a ESTE expressivo número de ocorrências. Neste número, não estão computados os gastos com a recuperação das máquinas danificadas no acidente, os dias parados, as perdas decorrentes dos dias parados, o tratamento médico-hospitalar a que são submetidos os acidentados, o tratamento das seqüelas deixadas pelos acidentes, o êxodo rural e/ou as conseqüências decorrentes do inchaço desordenado nas médias e grandes cidades brasileiras.

A baixa escolaridade dos operadores de máquinas agrícolas também é um grave problema existente no País, pois tempo médio de escolaridade encontra-se em torno de três anos (Dallmeyer, 1997).

Enfim, muitos são os fatores que contribuem para a ocorrência de acidentes no meio rural e que serão abordados no Capítulo 2. Porém, um deles merece ser aqui destacado, pois julga-se que seja decisivo na falta de exigência por parte dos consumidores na inserção de requisitos de segurança nas máquinas agrícolas utilizadas no Brasil. É ele: na agropecuária, tecnicizada e praticada em médias e grandes propriedades, o empresário rural que seleciona e compra as máquinas não as opera. Por esta razão, o mesmo na hora da aquisição, busca preço, potência disponível, versatilidade, entre outras, deixando de considerar itens que proporcionam conforto e segurança e que, na concepção dos mesmos, encarecem o equipamento.

Observa-se também, em muitos projetos de engenharia que, itens como *que seja segura, que não ofereça riscos aos usuários, que respeite as normas de segurança* e outros, são previstos e contemplados como requisitos de projeto, porém muitos deles se perdem ao longo do processo de projeto em detrimento de outros mais apelativos como por exemplo, custos.

A falta de acessibilidade pelos projetistas a informações sobre Legislação, Normas Regulamentadoras e Normas Técnicas, entre outros, de forma rápida, clara, concisa e dedica-

## 2 Capítulo 1 – Introdução

da à segurança, também é outro fator que contribui, em muitos casos, para a não inserção no produto de aspectos relativos à segurança.

Outro aspecto que deve ser aqui salientado, é que a inserção no projeto do produto de aspectos relativos à segurança do usuário, nas fases iniciais do processo de projeto, como *restrições* oriundas de *determinações* legislativas é uma garantia de que estes itens não serão relegados ao longo do processo de projeto em detrimento de outros mais apelativos, garantindo na máquina mais segurança e, por conseqüência, a possibilidade de conquistar novos e mais exigentes mercados, sem que isto muitas vezes represente consideráveis aumentos nos custos de produção.

Projeto de engenharia, segundo Back (1983), é uma atividade orientada para o atendimento das necessidades humanas, principalmente daquelas que podem ser satisfeitas por fatores tecnológicos de nossa cultura. A satisfação dessas necessidades não é peculiar ao projeto de engenharia, pelo contrário, ela é comum a muitas atividades humanas.

Muitas são as sistemáticas de projeto, já estruturadas e descritas na literatura. De uma forma geral, elas abordam as fases de projeto *informacional*, projeto *conceitual*, projeto *preliminar* e projeto *detalhado*.

Este trabalho dedicou-se ao levantamento e à inserção das *restrições* de segurança *determinadas* na Lei, bem como à consideração de princípios de solução para a concepção de máquinas agrícolas, nas fases informacional e conceitual do processo de projeto.

Tal decisão é justificada pelo fato de ainda não se ter, na literatura consultada, uma sistemática de projeto que aborde nestas fases, o problema da segurança no projeto de máquinas, suportada por restrições organizadas das leis, normas, determinações e outros autores. A organização, prende-se ao contexto metodológico com geração de atividades, tarefas, documentos e ferramentas desenvolvidas, de forma própria e adequada, para facilitar a consideração do atributo de segurança, por parte dos projetistas, desde as primeiras fases do projeto.

### 1.1 - OBJETIVOS

A constatação feita sobre o que se considerou um número de acidentes muito elevado para operadores e mantenedores de máquinas agrícolas foi a deflagradora desta pesquisa. Num primeiro momento, entendia-se que tal fato devia-se a problemas de comunicação entre fabricantes e operadores definidos pelos manuais. Num segundo momento percebeu-se também um problema com a capacitação, com origem na pouca escolaridade dos usuários destas máquinas, e que potencializado pela dificuldade de decifrar os manuais, contribuía bastante com os acidentes. Acredita-se ainda que estas percepções são válidas.

Contudo, após intensa pesquisa, entendeu-se que a causa raiz deste problema estava mesmo nas máquinas. As não conformidades presentes nas máquinas, chamadas aqui de potencializadores de perigo, pelo fato de permanecerem presentes em toda a etapa do ciclo de vida de uso, a mais longa do ciclo de vida do produto, se sobrepõe a todos os outros aspectos ligados aos operadores ou mantenedores.

A forma mais evidente de minimizar não conformidades em produtos é trabalhar os mesmos desde as primeiras fases do desenvolvimento do produto. Para tanto, a atuação deve se dar no desenvolvimento de metodologia que ajude a diminuir as não conformidades no campo da segurança de uso e de manutenção de máquinas.

Ao pesquisar as metodologias, percebeu-se de uma forma ou de outra, que todas abordam em maior ou menor grau a questão da segurança na operação e manutenção de máquinas agrícolas. Então, perguntas evidenciaram-se diante desta constatação: porque o grande número de acidentes? Porque havia máquinas com problemas tão elementares de insegurança? Porque muitos perigos permaneciam tão repetidos nos diferentes equipamentos e máquinas agrícolas? Porque as máquinas agrícolas brasileiras tinham dificuldades de serem exportadas para mercados de países economicamente desenvolvidos?

Ponderando estas variáveis percebeu-se que o principal sujeito do processo de projeto não estava sendo considerado devidamente. Ou seja, o projetista tem, no instante do desenvolvimento do produto, que tomar uma série de decisões, normalmente, premidas pelo tempo e pelo resultado em termos de performance. Assim, o *atributo de segurança* tem a tendência de ser eclipsado por outros atributos mais atrativos para os aspectos do negócio. Até porque, as conseqüências resultantes da insegurança vão acontecer longe do ambiente do projeto. Contudo, acredita-se que se a metodologia for apropriada, tiver facilitadores para seu uso e estiver bem integrada ao processo de projeto, este atributo terá, por certo muito maior chance de ser considerado no processo de desenvolvimento do produto. Por isso, definiu-se como objetivo geral ou maior, o seguinte:

Desenvolver uma metodologia constituída de documentos, ferramentas e procedimentos para considerar todas as informações necessárias ao projeto de máquinas agrícolas seguras para os usuários de operação e de manutenção. O trabalho será concentrado em elaborar as fases do projeto informacional e conceitual.

### **Específicos**

∞∞ Detalhar a fase de projeto informacional em atividades e tarefas e associar a cada uma delas as ferramentas, documentos e elementos requeridos para contemplar todas as informações no campo de segurança de máquinas agrícolas;

#### 4 *Capítulo 1 – Introdução*

- ≈≈ Detalhar a fase de projeto conceitual em atividades e tarefas e associar a cada uma delas as ferramentas, documentos e elementos requeridos para contemplar todas as informações no campo de segurança de máquinas agrícolas;
- ≈≈ Pesquisar na legislação, Norma Regulamentadora Rural, Normas Regulamentadoras, Normas Técnicas Nacionais e Internacionais as *determinações* relativas a segurança de máquinas para operação e manutenção;
- ≈≈ A partir das *determinações* relativas à segurança de máquinas descritas acima, identificar *restrições* e *princípios de solução para a segurança* em máquinas agrícolas e incluí-los no processo de projeto nas fases em estudo;
- ≈≈ Caracterizar os fatores de influência na segurança de máquinas agrícolas;
- ≈≈ Modelar o processo de projeto considerando os fatores de influência para a segurança de máquinas agrícolas;
- ≈≈ Desenvolver métodos e ferramentas de apoio ao projeto de máquinas agrícolas, em suas fases informacional e conceitual, com enfoque em segurança;
- ≈≈ Aplicar e avaliar o modelo proposto e as ferramentas desenvolvidas em um estudo de caso de projeto de máquina agrícola.

#### 1.2 - HIPÓTESES

Conhecendo-se os problemas existentes sobre o assunto e tendo-se definido os objetivos geral e específicos, é possível enunciar a hipótese central deste trabalho como se segue:

***“Se forem introduzidas restrições e soluções técnicas para a segurança no processo de projeto, em suas fases informacional e conceitual, então será possível se obter máquinas agrícolas mais seguras que contribuirão para reduzir o elevado número de acidentes que ocorrem na operação e manutenção das mesmas”.***

Uma análise mais criteriosa da hipótese central, em conjunto com aspectos teóricos que serão discutidos nos próximos capítulos, permite a formulação de uma hipótese mais específica, com o objetivo de melhor orientar este trabalho. É ela:

***“Se existem Legislação, Normas Regulamentadoras, Normas Técnicas e conhecimento gerado sobre segurança em máquinas agrícolas, então é possível estudá-los, priorizá-los e armazená-los em um banco de dados, na forma de requisitos, restrições, soluções técnicas e princípios de solução para máquinas seguras a fim de, nas fases informacional e conceitual do processo de projeto os mesmos serem facilmente acessados pelo projetista”.***

### 1.3 - CONTRIBUIÇÕES

Entende-se que este trabalho oferece as seguintes contribuições:

- ≡≡ Uma metodologia de projeto para as fases informacional e conceitual, montando um banco de dados sobre restrições, soluções técnicas, requisitos de projeto e princípios de solução com foco em segurança, obtidos e interpretados da Legislação, Normas, Experiência Profissional, a fim de oferecer aos projetistas o acesso a estas informações de forma rápida, clara, concisa e dedicada à segurança;
- ≡≡ O agrupamento das informações relativas à segurança e conforto contidas em normas técnicas, leis, normas regulamentadoras e outros (nacionais e internacionais) em um banco de dados, além de facilitar o trabalho do projetista, também oportuniza o aumento da qualidade do produto, permitindo a sua inserção em mercados ditos de primeiro mundo, por atenderem às especificações exigidas nesses países;
- ≡≡ O aumento de qualidade de vida dos usuários de máquinas agrícolas e, em alguns casos, o impedimento de sinistros envolvendo pessoas não envolvidas com o trabalho.

### 1.4 – CONTEÚDO DA TESE

O conteúdo da presente tese é apresentado em nove capítulos, conforme a descrição a seguir.

No CAPÍTULO 1, ora em tela, é delineado o escopo deste trabalho. Inicialmente, foi apresentada uma breve contextualização da tese. Na seqüência foi delimitado o problema, indicando que este trabalho se deterá nas fases de projeto informacional e conceitual, apresentados os objetivos a serem alcançados, as hipóteses a serem verificadas e as contribuições esperadas.

No CAPÍTULO 2, apresenta-se uma revisão crítica de condições inseguras em máquinas agrícolas, dados estatísticos sobre a ocorrência de acidentes com máquinas agrícolas no Brasil e no mundo, domínio de aplicação e a caracterização de problemas de projeto a fim de embasar o trabalho de tese.

No CAPÍTULO 3, é realizada uma revisão crítica sobre metodologias de projeto com foco em segurança, visando identificar ferramentas e métodos que poderão ser úteis neste trabalho.

No CAPÍTULO 4 são descritos alguns fatores de influência na segurança de produtos, descrevendo teorias mono e multi-causais de acidentes, confiabilidade na interação homem/máquina, erro humano e outros.

No CAPÍTULO 5 é apresentada a metodologia para a concepção de máquinas agrícolas seguras, objetivo principal deste trabalho.

## 6 *Capítulo 1 – Introdução*

No CAPÍTULO 6, a metodologia desenvolvida é empregada em um estudo de caso, nas fases de projeto informacional e conceitual de uma transplantadora de mudas.

No CAPÍTULO 7 é apresentada a estrutura e o funcionamento do programa computacional do banco de dados para acesso pelo projetista.

No CAPÍTULO 8, são apresentadas as conclusões finais deste trabalho, objetivos alcançados, verificação das hipóteses, contribuições geradas e sugestões para estudos futuros.

No CAPÍTULO 9 é referenciada a Bibliografia Consultada que deu suporte a conclusão deste trabalho.

# Capítulo 2 — CARACTERIZAÇÃO DE CONDIÇÕES INSEGURAS EM MÁQUINAS AGRÍCOLAS

## 2.1 – INTRODUÇÃO

Este capítulo descreverá e discutirá alguns dados estatísticos e estudos sobre acidentes de trabalho, no mundo e no Brasil, no meio urbano e no meio rural, a fim de que os mesmos sejam considerados na definição de diretrizes para a configuração da metodologia de projeto para a segurança em máquinas agrícolas.

Segundo IBGE (2000), o Brasil possuía 169.799.170 habitantes, dos quais 137.953.959 (81,2%) residiam em zonas urbanas e 31.845.211 (18,8%) no meio rural.

No Brasil, assim como também no mundo inteiro, as estatísticas e os números publicados sobre acidentes de trabalho, na grande maioria dos casos, não são a verdadeira expressão da realidade, pois, além de muitos acidentes não serem registrados, outros, quando o são, têm seu registro realizado de forma errônea.

Um bom exemplo do que foi descrito anteriormente, segundo Valença (2000), é o número de acidentes de trabalho ocorridos com trabalhadores rurais e registrados no ambiente urbano na região de Joinville/SC, onde os dados apresentados pela Secretaria Municipal de Saúde do Trabalhador, bem como do INSS, não possuem referências a esta categoria de atividades, sendo os mesmos agrupados em “*outros*”, conforme é possível observar na Figura 2.1, não sendo portanto identificável o número de acidentados no meio rural.

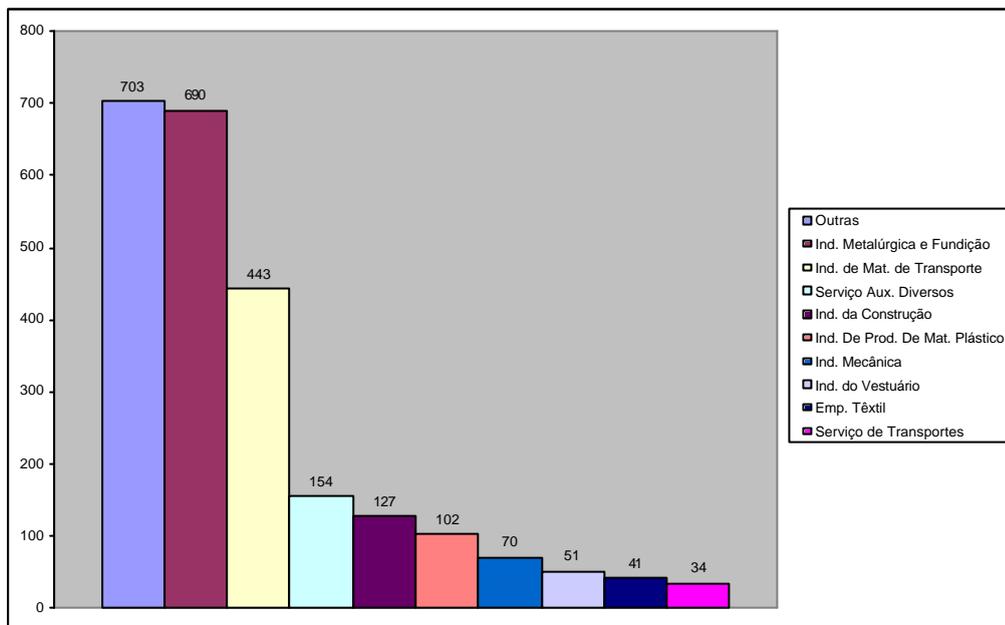
Além dos problemas de registro citados anteriormente, em algumas estatísticas e dados publicados por alguns órgãos, falta objetividade e profundidade, ou seja, na grande maioria dos casos, não são encontrados nestas estatísticas “o como ocorreu” ou “a parte do corpo atingida”. Logo, os dados divulgados desta forma, não ajudam muito o projetista de máquinas em suas decisões.

Os termos, siglas e a linguagem utilizada nestes registros também são fatores pouco elucidativos para profissionais da engenharia, pois, comumente, os acidentes são classificados em algumas publicações, por exemplo em Revista Proteção (1999), só e unicamente da seguinte forma:

☞ **Acidentes de trabalho fatais (ATF's):** Acidentes ocorridos durante a execução do trabalho em que ocorreu a morte do trabalhador;

☞ **Acidente típico (Atp):** Considerado apenas aquele ocorrido dentro do ambiente de trabalho das empresas;

☞ **Acidente de trajeto (Atj):** Considerados aqueles ocorridos no percurso casa-trabalho, trabalho-casa e no percurso das refeições;



**FIGURA 2.1** - Distribuição dos acidentes de Trabalho por ramo de atividade.

Fonte: Valença, 2000.

☞ **Acidente de trânsito (Atr):** Quando ocorrido no ambiente externo, em vias públicas e envolvendo veículos a motor, enquanto motorista ou passageiro;

☞ **Homicídio (Hom):** Quando resultante de homicídio em sentido amplo, qualificado ou não, ocorrido dentro ou fora do local de trabalho;

☞ **Doença (Don):** Quando não resultante de causa externa.

## 2.2 - ACIDENTES DE TRABALHO

### 2.2.1 – Definição

Segundo Companhia Brasileira de Tratores (s.d.), uma das definições de acidente de trabalho rural é o que ocorrer na realização do trabalho rural, provocando lesão corporal, perturbação funcional ou doença que cause a morte ou redução permanente ou temporária da capacidade para o trabalho. A outra, é todo o acontecimento que não esteja programado e que interrompa, por pouco ou muito tempo, a realização de um serviço, provocando perda de tempo, danos materiais ou lesão corporal.

### 2.2.2 – Acidentes de trabalho no mundo e no Brasil

A maioria das empresas possui dificuldades quando trata de estabelecer o quanto custam seus acidentes de trabalho. A falta de sistematização de dados relativos aos históricos dos acidentes – de um rastreamento completo e detalhado dos fatos e condições antecedentes e conseqüentes – é o principal indicador desta situação de ignorância. Mesmo assim, são cada vez mais evidentes os sinais de que os desperdícios sofridos pela ausência ou precariedade das ações de prevenção podem conspirar contra a própria saúde financeira e a sobrevivência das empresas, em médio e longo prazo. Um boletim da Organização Internacional de Trabalho (OIT), veiculado em abril de 1999, citado na Revista Proteção (1999), aponta, com base em estatísticas de indenizações pagas, que aproximadamente 4% do Produto Interno Bruto (PIB) mundial são consumidos com o custeio de doenças, aí incluídas as faltas ao trabalho para tratamento de saúde, por incapacitação ou seguros. Esse valor é dificilmente quantificável em termos absolutos, mas a OIT calcula que represente mais do que o PIB da África, das nações árabes e da Ásia meridional juntos. É ainda mais do que toda a ajuda oficial dos países desenvolvidos aos em desenvolvimento.

No Brasil, um levantamento citado na Revista Proteção (1999) e realizado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI), em 1997, estima em US\$ 3,17 bilhões<sup>1</sup> o total de recursos gastos com o pagamento de seguros para indenização de acidentes e doenças ocupacionais. Desse montante a Previdência aloca US\$ 800 milhões<sup>1</sup> através do Seguro de Acidente de Trabalho, com o setor privado desembolsando, ainda, outros US\$ 2,38 bilhões<sup>1</sup>. Pela estimativa da OIT, no entanto, o Brasil teria um custo equivalente a US\$ 17,5 bilhões<sup>1</sup>. Entre o levantamento da CNI e a estimativa da OIT pode estar a verdadeira conta que o Brasil paga pelos problemas no ambiente de trabalho. Esta afirmativa parece ser confirmada por Futema (2001 a), quando afirma que acidentes de trabalho provocaram a morte de 3.605 pessoas em 2000, e que, somente no mês de dezembro de 2000, foram pagos 660.030 benefícios acidentários. Segundo Futema (2001 c), os gastos com benefícios acidentários, em cinco anos, aumentaram 113,66%, ou seja, no ano de 2000 foram gastos pelo Brasil cerca de US\$ 11 bilhões<sup>1</sup> com acidentes de trabalho, incluídas aí, despesas com saúde, reabilitação profissional e prejuízos causados às empresas e trabalhadores (Futema, 2001 b).

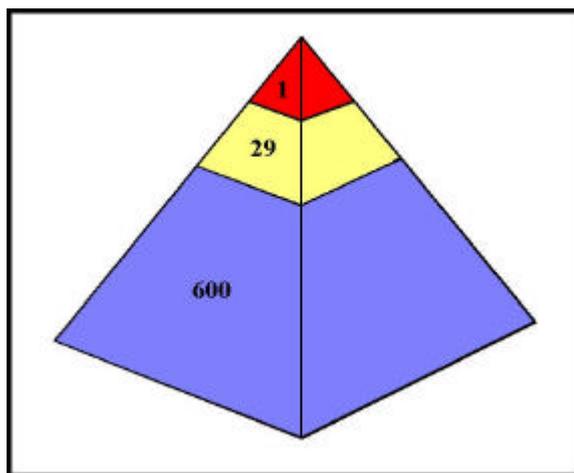
Segundo IBGE (2000), 18,8% da população brasileira reside no meio rural e, levando-se em consideração os valores apresentados em Proteção (1999) e por Futema (2001 c), é possível estimar-se que são gastos anualmente cerca de US\$ 2,068 bilhões<sup>1</sup> somente com benefícios pagos pelo INSS por acidentes de trabalho no setor rural. Neste número, não estão computados os gastos com a recuperação das máquinas danificadas no acidente, os dias parados,

---

<sup>1</sup> NOTA DO AUTOR: Cotação média do Dólar americano no ano de 2000 = R\$ 1,829.

as perdas que decorrem dos dias parados, o tratamento médico-hospitalar a que são submetidos os acidentados, o tratamento das seqüelas deixadas pelo acidente e o tempo perdido com o envolvimento com o acidente e/ou acidentado no âmbito do trabalho e da família, entre outros.

No período pós Segunda Guerra, quando os Estados Unidos estampavam cifras escandalosas de acidentes de trabalho, vitimando cerca de metade da força de trabalho, pesquisadores como Frank Bird, segundo Revista Proteção (1999), passaram a analisar detalhes sobre milhões de acidentes e concluíram que a configuração deles, por gravidade de risco, poderia se assemelhar a uma pirâmide. Na base, em maior número, estavam os incidentes. No meio da pirâmide, foram agrupados os acidentes com lesões ou afastamento, mas sem gravidade. Finalmente, no topo, em menor número, os acidentes fatais. A Representação de Bird (Figura 2.2), depois de um rastreamento de dois milhões de casos, ficou com 600 incidentes (base), 29 acidentes sem gravidade (meio) e um acidente fatal (topo). Sempre que as empresas agem sobre a base da pirâmide investigando e eliminando as causas até mesmo das possibilidades de acidentes, é possível diminuir e até zerar os custos indiretos de acidentes ocupacionais.



**FIGURA 2.2** – Pirâmide de distribuição de frequência/gravidade de acidentes  
Fonte: Revista Proteção, 1999.

As situações de incidente investigadas à exaustão, conforme Proteção (1999), levaram os pesquisadores a identificar cinco estágios que se desencadeiam nos ambientes de trabalho até culminar em lesões, doenças ou morte. São os fatores pessoais, as condições de trabalho, os atos inseguros, as condições inseguras e, finalmente, o pior: os acidentes. Os fatores pessoais estão relacionados à hereditariedade e à cultura do trabalhador. Muitos acidentes são potencializados simplesmente porque essas origens são confrontadas com um ambiente estranho. É o caso típico de um trabalhador do meio rural que passa a atuar em uma fábrica, sem conhecer bem as operações e o equipamento com que está lidando. Ele é inserido em meio a processos tecnológicos avançados, e isso, obviamente, causará acidentes.

As condições de trabalho inseguras, segundo Revista Proteção (1999), são aquelas que expõe o trabalhador a um risco derivado da própria natureza da empresa ou do tipo de atividade a que ele está exposto. Não é possível atuar de forma determinante sobre os fatores pessoais nem sobre as condições de trabalho, pois cada pessoa e cada empresa têm sua natureza, mas sim, tomar providências em relação aos atos e às condições inseguras, através de educação e treinamento, disciplina e engenharia de segurança.

Em uma pesquisa realizada em empresas brasileiras dos setores metalúrgico, têxtil, de celulose, papel, eletroeletrônico, químico, farmacêutico, de fumo, bebidas e alimentos, e publicada na Revista Proteção (1999), no conjunto, foram registrados 2.042 acidentes com afastamento, de janeiro a dezembro de 1998, perdendo-se 45.150 dias (uma média de 22,11 dias por ocorrência). O total de óbitos chegou a seis. Para cobrir esses acidentes, o INSS desembolsou US\$ 35,34 milhões<sup>2</sup> e as empresas outros US\$ 9,96 milhões<sup>2</sup>, sendo que o custo médio de cada acidente equivaleu a cerca de US\$ 4.878,47<sup>2</sup>. O conhecimento de quanto se gasta indiretamente com prejuízos materiais, lesões e afastamentos no trabalho – paradas na produção e ausência de empregados, por exemplo, pode contribuir, para redimensionar as condições operacionais de uma empresa, evitando que os acidentes representem gargalos paralisadores da produção. Ou seja, o conhecimento do custo de um acidente e de quanto e como se deve investir para que ele não ocorra é também um instrumento de garantia das condições de produtividade. É uma forma de evitar que os acidentes se tornem uma restrição a mais ao bom desempenho da empresa.

Pensando nos custos dos acidentes, segundo Revista Proteção (1999), o Departamento de Engenharia de Produção da UNESP/Bauru realizou uma pesquisa de avaliação e tomada de decisão sobre custos de riscos de acidentes no Departamento de Moto-mecanização de uma usina de açúcar e álcool localizada na região de Bauru, perto do Rio Tietê. A área de cultivo da cana-de-açúcar é extensa e abrange vários municípios. Esta extensão territorial deve-se principalmente à existência de transporte hidroviário – hidrovias Tietê-Paraná.

A pesquisa envolveu 105 motoristas, 72 operadores de carregadeira, 65 operadores de reboque, 90 auxiliares e 69 equipamentos, sendo 30 caminhões canavieiros, 20 carregadores de cana e 19 tratores de reboque. Numa safra de 1,4 milhão de toneladas, houve o equivalente a 146.029,20 toneladas de perdas por ausência dos empregados e por paralisação de equipamentos. Isto redundou, conforme afirma a Revista Proteção (1999), numa eficiência de produção de 89,57%. Os custos de despesas por acidentes – máquinas e homens empregados e serviços de terceiros – somaram US\$ 369.321,67<sup>2</sup>. O principal fator de paralisação dos equipamentos de acordo com a pesquisa, foi a falta de motorista/operador devido ao seu envolvi-

---

<sup>2</sup> NOTA DO AUTOR: Cotação média do Dólar americano no ano de 1998 = R\$ 1,1602.

mento em acidentes, de modo que os equipamentos ficavam parados. A fim de minimizar esse gargalo na produção e reduzir os custos das paradas, nas safras seguintes foi sugerido um estudo de dimensionamento ideal do número destes funcionários, para substituí-los em casos de acidentes e por outros motivos. Esta pesquisa concluiu portanto que, a maioria dos empresários desconhece a viabilidade econômico-financeira de projetos de redução de custos de acidentes e aplicam recursos na área de equipamentos de segurança e na manutenção de modestos programas educativos, não sendo vislumbrados como investimento projetos amplos de redução de acidentes.

Os fatores que contribuem para resultados parciais e equivocados vêm sendo apontados exaustivamente. Em primeiro lugar, os acidentes que não aparecem porque quem os sofre atua na informalidade (cerca de 57% da força de trabalho brasileira). Em seguida, a facilidade com que as empresas burlam o sistema de informação de doenças e acidentes, ignorando o preenchimento da CAT – Comunicação de Acidente de Trabalho, ou efetuando registros incompletos (Anuário Brasileiro de Proteção, 2000).

Na Tabela 2.1, conforme Anuário Brasileiro de Proteção (2000), é apresentado um apanhado das três piores atividades econômicas para cada tipo de benefício, de acordo com os dados revelados no relatório da DSST. O detalhamento permitiu observar onde estão ocorrendo os maiores números de acidentes dentro de uma classe ou grupo. Desta forma, é possível constatar no quadro de pensões por morte, o transporte terrestre de cargas como a atividade que mais mata trabalhadores no País, com 202 ocorrências no ano de 97, sendo que os mais graves problemas são os acidentes de trânsito, que matam 35 mil pessoas por ano. As atividades de serviços relacionados com a agricultura também aparecem entre os setores que mais provocam acidentes, tendo sido concedidos 3.687 benefícios para trabalhadores com afastamento por mais de 15 dias.

### **2.2.3 – Partes do corpo atingidas pelos acidentes**

Segundo Valença (2000), outro fator importante a ser citado é a distribuição dos acidentes por partes do corpo, pois, somente em Joinville/SC no ano de 1998, conforme é possível observar na Figura 2.3, de um universo de 2.415 casos de acidentes de trabalho, 31,72% das lesões concentram-se nas mãos e dedos e, 8,78% nos pés e dedos. Estes números, em um universo de 66.484 casos de acidentes de trabalho no meio rural (Tabela 2.2), citados por Alonço (2000), são parcialmente confirmados, pois, 28,19% das lesões sofridas concentram-se nas mãos e artelhos e 22,94% nos pés e artelhos. Já no trabalho de Corrêa & Ramos (2003) (Tabela 2.3), os valores são de 18,42% de casos de membros superiores atingidos e de 36,84% de acidentes com membros inferiores. Em suma, nos três estudos é flagrante que existe algum

problema de projeto nos diversos equipamentos utilizados por estas pessoas. Pois, tanto no meio urbano, como também no rural, cerca de 50% das lesões sofridas pelos trabalhadores atingem seus membros superiores e inferiores.

**TABELA 2.1** – As três atividades econômicas com maior número de concessão de benefícios por acidentes de trabalho – Ano 1997.

<i>Pensão por morte</i>		<i>Frequência</i>	<i>%</i>	<i>Incapacidade parcial permanente</i>		<i>Frequência</i>	<i>%</i>
60267	Transporte rodoviário de cargas, em geral	202	7,16	65226	Bancos múltiplos (com carteira comercial)	770	6,90
45217	Edificações (residenciais, indústrias, comerciais e de serviços), inclusive ampliações e reformas completas	135	4,78	45217	Edif. (resid., indústr., com. e de serviços), inclusive ampl. e reformas completas	350	3,13
<b>01619</b>	<b>Atividades de serviços relacionados com a agricultura</b>	<b>110</b>	<b>3,90</b>	65234	Caixas econômicas	277	2,48
Total de benefícios concedidos para outras atividades		2013	71,40	Total de benefícios concedidos para outras atividades		9733	87,27
Total de benefícios concedidos/Brasil		2819		Total de benefícios concedidos/Brasil		11152	
<i>Aposentados por invalidez permanente</i>		<i>Frequência</i>	<i>%</i>	<i>Afastamento por mais de 15 dias</i>		<i>Frequência</i>	<i>%</i>
45217	Edif. (resid., indústr., com. e de serviços), inclusive ampl. e reformas completas	286	4,64	45217	Edif. (resid., indústr., com. e de serviços), inclusive ampl. e reformas completas	5597	11,11
65226	Bancos múltiplos (com carteira comercial)	220	3,57	<b>01619</b>	<b>Atividades de serviços relacionados com a agricultura</b>	<b>3687</b>	<b>7,32</b>
<b>01619</b>	<b>Atividades de serviços relacionados com a agricultura</b>	<b>143</b>	<b>2,32</b>	60267	Transporte rodoviário de cargas, em geral	3080	6,11
Total de benefícios concedidos para outras atividades		4688	76,19	Total de benefícios concedidos para outras atividades		105749	67,74
Total de benefícios concedidos/Brasil		6153		Total de benefícios concedidos/Brasil		156104	

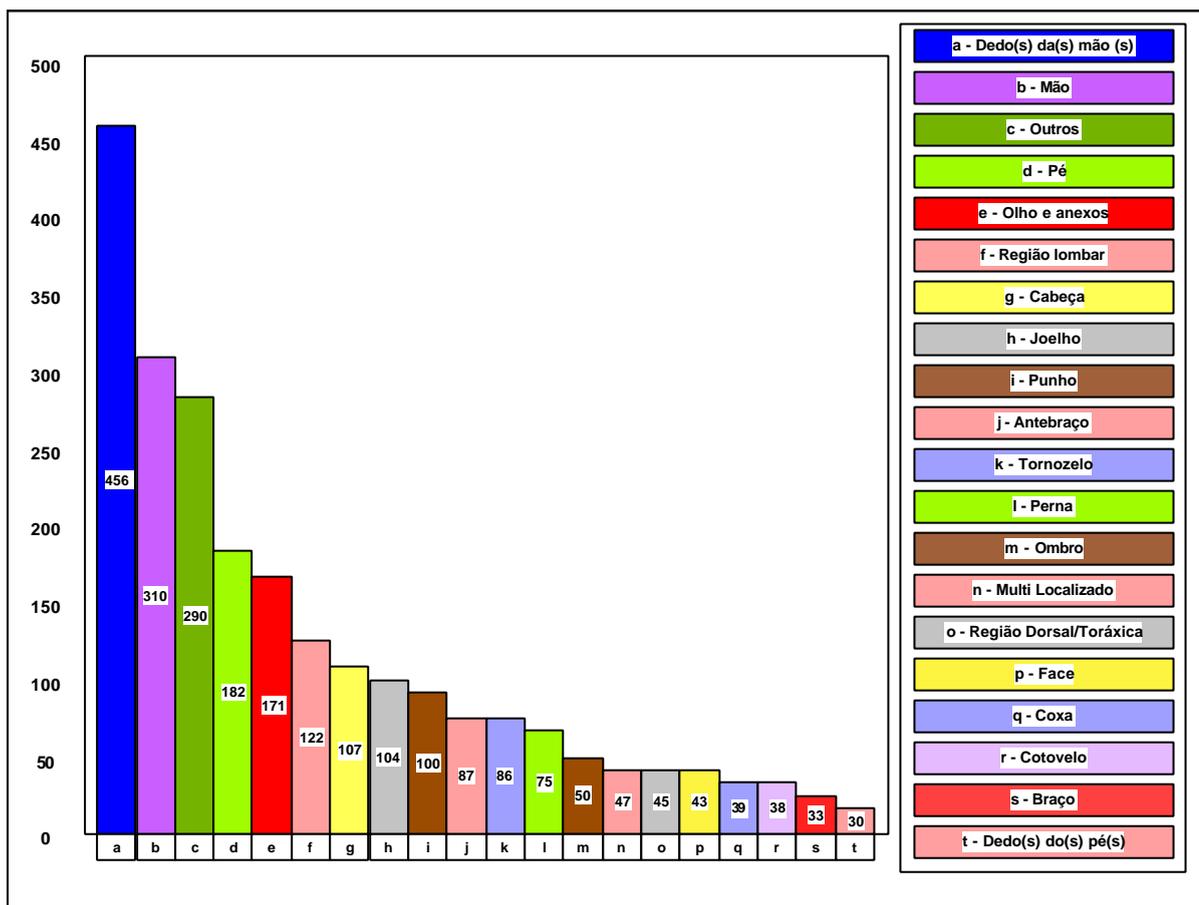
Fonte: Adaptado de Anuário Brasileiro de Proteção (2000).

Esta estatística, demonstra mais uma vez a gravidade dos acidentes, pois este local de lesão, muitas vezes, poderá deixar seqüelas com perda da capacidade laborativa tanto parcial como total. E ainda mais, a gravidade das lesões não só provocam o sofrimento físico e mental no trabalhador, como também aumentam o custo de transformação do produto e as despesas com benefícios por parte do sistema previdenciário, conforme mostrado anteriormente.

Também é importante considerar que, o trauma físico ou o início de doença crônica podem deixar o trabalhador com deficiências múltiplas que desestruturam a vida familiar e os planos para o futuro, alteram sua imagem corporal, põem fim aos desempenhos profissionais, reduzem a auto-estima, a segurança e a independência. As oportunidades de contato social

ficam reduzidas, sua integridade psicológica fica ameaçada e o trabalhador pode perder o controle das funções físicas íntimas (Valença, 2000).

O trabalhador pode experimentar uma ruptura na função cognitiva, ou seja, confusão, desorientação, inépcia no teste de realidade e incapacidade para pensar logicamente. As defesas e reações emocionais freqüentemente observadas diante de uma lesão traumática e enfermidade crônica são depressão, negação, regressão, repressão, compensação, projeção, pânico, irritabilidade, introjeção e formação de reações (Valença, 2000).



**FIGURA 2.3** - Distribuição dos acidentes de trabalho por local da lesão( Joinville/1998).  
 Fonte: Valença, 2000.

Os dados apresentados na Tabela 2.2, segundo Alonço (2000), revelam falta de capacitação, roupas adequadas e máquinas agrícolas projetadas e construídas sem levar em consideração aspectos inerentes à segurança do operador, entre outros, aliados a trabalhos executados com máquinas complexas e com muitas peças em movimento em total desacordo com o que determina o Decreto Lei 1.255 de 1994 (Brasil, 1994).

A primeira preocupação da maioria dos trabalhadores quando sofrem um acidente e ficam com uma deficiência física é o retorno ao trabalho. As pessoas atribuem valores diferentes ao trabalho. Para muitos dos trabalhadores rurais, o trabalho é a parte mais importante da vida de uma pessoa, embora existam alguns trabalhadores para os quais o trabalho depois do acidente não é possível, apesar do valor positivo que representa para os mesmos.

**TABELA 2.2** – Parte do corpo do trabalhador rural atingida.

	NÚMERO DE CASOS	%
Mãos e artelhos	18.739	28,19
Pés e artelhos	15.249	22,94
Coxa, perna e tornozelo	9.357	14,07
Tronco	7.335	11,03
Olhos	3.976	5,98
Não definidos	3.809	5,72
Ombros e braços	3.323	5,00
Face, pescoço e couro cabeludo	2.982	4,49
Órgãos internos	1.714	2,58
<b>TOTAL</b>	<b>66.484</b>	<b>100</b>

Fonte: Alonço (2000).

Em qualquer tipo de operação agrícola ocorrem acidentes, os quais afetam distintas partes do corpo, principalmente membros inferiores e superiores (Tabela 2.3) corroborando o que foi identificado por Alonço (2000) e Valença (2000), provocando diversos tipos de lesões (Tabela 2.4).

**TABELA 2.3** – Parte do corpo do trabalhador rural atingida, no estado de São Paulo, em 2001.

PARTE DO CORPO ATINGIDA	%
Membro inferior	36,84
Membro superior	18,42
Tórax/coluna/costas	15,82
Outra	15,82
Cabeça	10,50
Órgãos internos	2,60
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

Fonte: Corrêa & Ramos, 2003.

**TABELA 2.4** – Tipos de lesões sofridas pelos operadores, no estado de São Paulo, em 2001.

TIPOS DE LESÕES	%
Ferimento/contusão	42,14
Fratura	28,93
Fatal	18,42
Perda de membro	5,31
Queimadura	2,60
Outra	2,60
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

Fonte: Corrêa & Ramos, 2003.

### 2.3 – ACIDENTES DE TRABALHO NO MEIO RURAL

Estatísticas do National Safety Council, citadas por Butierres (1996), revelam que nos Estados Unidos, em dez estados que possuem maior mecanização agrícola, em 1973, ocorreram cerca de 570.000 acidentes, sendo que, destes, em 6.400 casos (aproximadamente 1%), ocorreram mortes. Estes estados americanos, juntamente com o governo federal, empenharam-se junto aos fabricantes e usuários de equipamentos utilizados nas tarefas agrícolas na tentativa de diminuir estes números. Para isto, foi montado um programa com a elaboração de leis, maciço investimento em propaganda de prevenção e a criação de normas de segurança

operacional. Dez anos depois, isto é, em 1983, os dados de acidentes estavam reduzidos em cerca de 50% nestes estados.

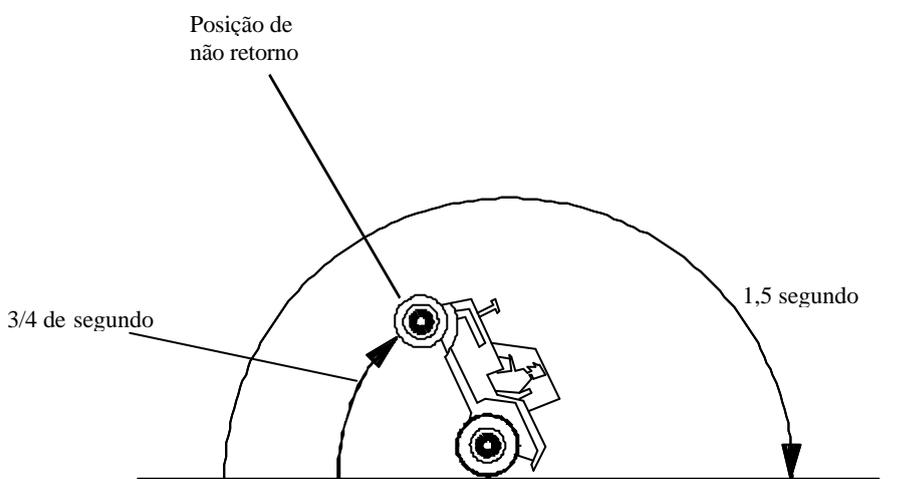
Na Itália, no ano de 1977, possuindo o país uma frota de 909.580 tratores, ocorreram 29.465 acidentes, classificados conforme Tabela 2.5, perfazendo cerca de 30 acidentes para cada 1.000 tratores existentes (Alonço, 1999 b).

**TABELA 2.5** – Causas e circunstâncias de acidentes ocorridos com tratores na Itália em 1977.

TIPO DE ACIDENTE	NÚMERO DE CASOS	%
Queda de cima do trator ou de uma carreta tracionada por tratores	12.337	41,9
Choques contra tratores e/ou carreta tracionada por tratores	7.521	25,5
Ferido pelo trator	3.095	10,5
Esmagado pelo: trator ou carreta	1.450	4,9
Acidentes dirigindo o trator	1.178	4,0
Outras causas	3.884	12,2
<b>TOTAL</b>	<b>29.465</b>	<b>100</b>

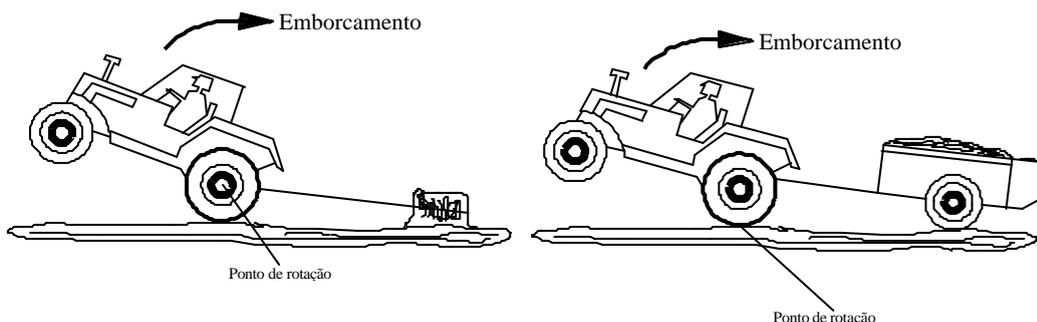
Fonte: Alonço, 1999 b.

Uma das causas de inúmeros acidentes fatais a operadores de tratores é o problema do emborcamento. Estatísticas americanas, citadas por Alonço (1999 b), demonstram que de cerca de 800 acidentes mortais com tratoristas, 60% são causados pelo problema de emborcamento de tratores, como se pode verificar nas Figuras 2.4 e 2.5.



**FIGURA 2.4** - Empinamento de tratores: seqüência e tempo de emborcamento.

Fonte: Alonço, 1999 b.



**FIGURA 2.5** - Empinamento de tratores.

Fonte: Alonço, 1999 b.

Segundo Alonço (1999 b), nos países da Europa, na grande maioria dos casos, as máquinas agrícolas são operadas pelos próprios fazendeiros, contrariando os dados apresentados na Tabela 2.10, referente ao Brasil, que demonstra um percentual de 91,55% dos casos de acidentes como tendo ocorrido com os funcionários e somente 7,17% com o proprietário ou produtor rural.

Márques (1997) afirma que os agricultores espanhóis, com uma idade média cada vez mais elevada e um parque de máquinas cada vez mais velho e obsoleto, sofrem a cada ano cerca de 30.000 acidentes de trabalho, sendo que a maior parte deles ocorrem enquanto os mesmos manipulam máquinas, utensílios pulsantes e cortantes com os quais trabalham. Um estudo realizado pela Associação Valenciana de Agricultores (AVA-ASAJA), durante o ano de 1991, afirma que o setor agrário concentrou 15 de cada 100 acidentes de trabalho mortais e graves que ocorreram na Espanha. O mesmo autor afirma ainda que os agricultores utilizam para a maior parte de suas atividades máquinas pesadas (motocultores, tratores, colhedoras, etc.) que podem causar danos importantes aos usuários. Igualmente, causam sérios riscos o manuseio de equipamentos cortantes (moto-serras, tesouras, trituradores, enxadas rotativas e outros). Conforme os dados levantados pela AVA, 40 de cada 100 acidentes mortais e 20 de cada 100 dos acidentes considerados graves que ocorrem no setor primário são causados por estas máquinas e, em especial, pelos tratores.

Uma outra questão que merece um comentário, é o significativo percentual de acidentes ocorridos pelo emborcamento dos tratores (Figuras 2.4 e 2.5). Esta é uma questão de projeto interessante, pois, segundo Alonço (1999 a), o primeiro trator de rodas surgiu em 1930 e, para que o mesmo atendesse às *funções* para as quais foi desenvolvido, teve seu centro de gravidade localizado demasiadamente elevado. Este fato chama a atenção, pois, em 73 anos, em detrimento da *função*, muito pouco foi desenvolvido com eficiência em relação à segurança do operador, ceifando milhares de vidas ao redor do mundo, isto sem levar em consideração os elevados custos que, infelizmente, não são quantificados.

Em pesquisas desenvolvidas pela Health & Safety Executive – Field Operations Directorate (2000, 2001, 2002), na Grã Bretanha (Tabela 2.6), no biênio 1999/2000 ocorreram quarenta e quatro acidentes fatais, em 2000/2001 cinquenta e cinco acidentes fatais e em 2001/2002 quarenta e um. No levantamento realizado pela HSE, os elevados índices percentuais de acidentes fatais ocorridos na *movimentação ou queda de objetos* (18,2; 20,7 e 20% em 1999/2000, 2000/2001 e 2001/2002 respectivamente), assim como também no *deslocamento: capotamento ou choque de veículos em movimento* que, no biênio 2001/2002 o índice chegou aos 37%, o que, avalia-se serem valores extremamente elevados. Neste levantamento, por ter sido realizado em um país do dito “primeiro mundo”, chama a atenção também o fato

de que 7,25% do total de acidentes ocorridos nos três biênios se deram com pessoas com idades inferiores aos 16 anos.

Os trabalhos desenvolvidos pela HSE (2000, 2001 e 2002) também permitem constatar (Tabela 2.7) que o enorme percentual de acidentes ocorrem durante a execução de atividades relacionadas com a agricultura: 75% (1999/2000), 64,2% (2000/2001) e 68,3% (2001/2002). A “terceirização” das atividades, através de contratantes, também apresenta a ocorrência de expressivo percentual de acidentes: 9,1% (1999/2000), 9,4% (2000/2001) e 9,8% (2001/2002).

Observa-se na Tabela 2.6, a riqueza de detalhe dos registros. Diferentemente do que existe no Brasil, este detalhe de informação facilita a orientação para o projeto de máquinas agrícolas mais seguras, EPI's mais apropriados e programas de capacitação adequados a cada realidade dos usuários rurais.

Segundo Alonço (2000), em um levantamento realizado no ano de 1983 nos estados de Santa Catarina, Paraná, Goiás, Distrito Federal, Minas Gerais, Espírito Santo, Bahia e Pernambuco, no estado de São Paulo em 1983, 1984 e 1985 e no Mato Grosso do Sul em 1986 e 1987, de um total de 66.484 casos de acidentes registrados, 60,79% ocorreram na lavoura (Tabela 2.12), 31,86% com pessoas que possuíam idade entre 18 e 25 anos (Tabela 2.11) e 41,34%, ou seja, 27.483 casos aconteceram durante a realização da colheita (Tabela 2.13). Estes dados são parcialmente confirmados pela Revista Proteção (2000) pois, em uma pesquisa realizada no ano de 1983, nos estados de Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Brasília, Goiás, Minas Gerais, Espírito Santo, Bahia e Pernambuco, levando em consideração um universo de 41.612 Comunicação de Acidentes de Trabalho Rurais, a mesma cita que a maior parte dos acidentes atingem trabalhadores na faixa etária entre os 13 e 45 anos (82,2%) e que 64% das operações de risco na agricultura estão ligadas à colheita.

As Tabelas 2.8, 2.9, 2.10, 2.11, 2.12, 2.13, 2.15 e 2.16, apresentam alguns dados estatísticos sobre acidentes ocorridos no meio rural, levantados pela *Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho – Ministério do Trabalho* (FUNDACENTRO) e montados e interpretados por Alonço (2000), em alguns estados brasileiros, conforme já descrito anteriormente.

A Tabela 2.8 apresenta o número de acidentes, de acordo com o sexo do acidentado, ocorridos no meio rural. Proteção (2000) corrobora estes dados pois afirma que 88,3% dos acidentes ocorreram com pessoas do sexo masculino e 11,7% com pessoas do sexo feminino.

**TABELA 2.6** – Ferimentos fatais, por causa, no meio rural da Grã Bretanha.

<b>FERIMENTOS FATAIS POR CAUSA</b>							
<b>CAUSA</b>	<b>ATIVIDADE</b>	<b>1999-2000*</b>		<b>2000-2001**</b>		<b>2001-2002***</b>	
		<b>%</b>	<b>N<sup>0</sup></b>	<b>%</b>	<b>N<sup>0</sup></b>	<b>%</b>	<b>N<sup>0</sup></b>
<b>Contato com peças em movimento</b>	Eixos rotativos (TDP)		- X -		1		2
	Colhedoras		- X -		2		- X -
	Comportas de descarga de carretas agrícolas		- X -		1		1
	Vagão alimentador (pás misturadoras)	<b>0</b>	- X -	<b>9,4</b>	1	<b>15</b>	- X -
	Braço carregador de retro escavadoras		- X -		- X -		1
	Enxada rotativa		- X -		- X -		1
	Enfardadora		- X -		- X -		1
<b>Movimentação ou queda de objetos</b>	No transporte de qualquer espécie		1		- X -		- X -
	Por armas		2		- X -		1
	Por queda de fardos		3		4		1
	Fardo desgovernado	<b>18,2</b>	- X -	<b>20,7</b>	1	<b>20</b>	- X -
	Material elevado/movido		- X -		1		1
	Porta do celeiro		- X -		- X -		2
	Outros (inclusive queda de árvores)		2		5		3
<b>Quedas</b>	De telhado		1		5		2
	De veículo		2		- X -		- X -
	De material empilhado		2		- X -		- X -
	De árvore		1		2		- X -
	De escadas de mão móveis	<b>15,9</b>	1	<b>22,6</b>	- X -	<b>12</b>	2
	De plataforma de trabalho insegura		- X -		2		1
	De passarelas		- X -		1		- X -
	De cochos de alimentação		- X -		1		- X -
	De graneleiros				1		- X -
<b>Deslocamento: capotamento ou choque de veículos em movimento</b>	Trator		3 (2)		4		7
	Outro veículo		3		1		1 (1)
	Carretas ou equipamentos tracionados		2 (1)		2 (1)		2
	Manipuladores telescópicos de materiais	<b>18,2</b>	- X -	<b>18,9</b>	2	<b>37</b>	2 (1)
	Vans		- X -		1		- X -
	Veículos domésticos		- X -		- X -		2
	Caminhões com elevadores		- X -		- X -		1
<b>Asfixia e/ou afogamento</b>	Em água		3		1		- X -
	Em silos	<b>6,8</b>	- X -	<b>5,7</b>	1 (1)	<b>2</b>	- X -
	Em betoneiras		- X -		1 (1)		1
<b>Contato com eletricidade</b>	Linhas suspensas		2		1		- X -
	Cabos elétricos defeituosos	<b>4,5</b>	- X -	<b>5,7</b>	1	<b>2</b>	1
	Lava à jato		- X -		1		- X -
<b>Preso por queda lateral ou emborcamento</b>	Inclusive por semeadoras, plantadoras, etc.		6		- X -		1
	Emborcamento de trator		- X -		2		- X -
	Emborcamento de outros veículos	<b>13,7</b>	- X -	<b>9,4</b>	1 (1)	<b>2</b>	- X -
	Queda lateral de materiais manipulados		- X -		1		- X -
	Queda lateral de colhedoras		- X -		1		- X -
<b>Por animais</b>	Gado	<b>18,2</b>	7	<b>3,8</b>	2	<b>10</b>	3
	Ovelha		1		- X -		1
<b>Outros</b>	Destravamento inadvertido		1		1		- X -
	Fogo	<b>4,5</b>	1 (1)	<b>3,8</b>	- X -	<b>0</b>	- X -
	Exposição a gases venenosos		- X -		1		- X -
<b>TOTAL</b>		<b>100</b>	<b>44 (4)</b>	<b>100</b>	<b>53 (4)</b>	<b>100</b>	<b>41 (2)</b>

Fonte: HSE (2000, 2001, 2002)

\* - De 01/04/1999 a 31/03/2000;

\*\* - De 01/04/2000 a 31/03/2001;

\*\*\*- De 01/04/2001 a 31/03/2002

NOTA: Os valores entre parênteses indicam o número de pessoas com menos de 16 anos acidentados

**TABELA 2.7** – Ferimentos fatais, por atividade principal, no meio rural da Grã Bretanha.

<b>FERIMENTOS FATAIS POR ATIVIDADE PRINCIPAL</b>						
<b>ATIVIDADE PRINCIPAL</b>	<b>1999-2000*</b>		<b>2000-2001**</b>		<b>2001-2002***</b>	
	<b>N<sup>o</sup></b>	<b>%</b>	<b>N<sup>o</sup></b>	<b>%</b>	<b>N<sup>o</sup></b>	<b>%</b>
Agricultura (monocultura)	2	<b>4,5</b>	1	<b>1,9</b>	2	<b>4,9</b>
Horticultura	0	<b>0</b>	1	<b>1,9</b>	0	<b>0</b>
Pecuária (leite e corte)	3	<b>6,8</b>	2	<b>3,8</b>	2	<b>4,9</b>
Ovinocultura, caprinocultura e eqüinocultura	1	<b>2,3</b>	1	<b>1,9</b>	1	<b>2,3</b>
Agricultura mista	33	<b>75</b>	34	<b>64,2</b>	28	<b>68,3</b>
Contratantes agrícolas	4	<b>9,1</b>	5	<b>9,4</b>	4	<b>9,8</b>
Silvicultura (e atividades relacionadas)	1	<b>2,3</b>	7	<b>13,1</b>	2	<b>4,9</b>
Pesca	0	<b>0</b>	0	<b>0</b>	0	<b>0</b>
Outros	0	<b>0</b>	2	<b>3,8</b>	2	<b>4,9</b>
<b>TOTAL</b>	<b>44</b>	<b>100</b>	<b>53</b>	<b>100</b>	<b>41</b>	<b>100</b>

Fonte: HSE (2000, 2001, 2002)

\* - De 01/04/1999 a 31/03/2000;

\*\* - De 01/04/2000 a 31/03/2001;

\*\*\*- De 01/04/2001 a 31/03/2002

**TABELA 2.8** – Número de acidentes ocorridos no meio rural, de acordo com o sexo do acidentado.

<b>SEXO</b>	<b>NÚMERO DE CASOS</b>	<b>%</b>
Masculino	58.353	87,77
Feminino	8.121	12,21
Não identificado	10	0,02
<b>TOTAL</b>	<b>66.484</b>	<b>100</b>

Fonte: Alonço (2000).

Quando estudado onde residiam os acidentados (Tabela 2.9), os resultados apontam, segundo Alonço (2000), para o alto número de acidentados que residiam em zonas urbanas (27.772 casos). Estes números são confirmados por Proteção (2000), embora tenha estudado um universo menor de agricultores acidentados.

**TABELA 2.9** – Residência dos trabalhadores rurais acidentados.

<b>LOCAL</b>	<b>NÚMERO DE CASOS</b>	<b>%</b>
Urbano	27.722	41,70
Local de trabalho	25.035	37,68
Comunidade rural	12.630	19,00
Não identificado	1.097	1,62
<b>TOTAL</b>	<b>66.484</b>	<b>100</b>

Fonte: Alonço (2000).

A Tabela 2.10 apresenta a relação de trabalho que possuía o acidentado. Os números encontrados, segundo Alonço (2000), permitem uma afirmação, corroborada por Proteção (2000): No Brasil, proporcionalmente, poucos são os donos da propriedade que operam máquinas agrícolas, pois, de um universo de 66.484 casos de acidentes, somente 7,17% se deram com o produtor e com o proprietário, ao passo que 60.867 casos (91,55%) foram com os funcionários. Segundo Proteção (2000), esta relação só é diferenciada para o estado de Santa Ca-

tarina, onde 82,7% dos acidentados são produtores e/ou proprietários.

**TABELA 2.10** – Relação de trabalho na propriedade rural.

FUNÇÃO NA PROPRIEDADE	NÚMERO DE CASOS	%
Proprietário	2.957	4,45
Produtor	1.807	2,72
Funcionário	60.867	91,55
Não identificado	863	1,28
<b>TOTAL</b>	<b>66.484</b>	<b>100</b>

Fonte: Alonço (2000).

O maior número de casos de acidentes no meio rural se dá com pessoas que possuem idade entre 18 e 35 anos de idade (Tabela 2.11). Porém, segundo Alonço (2000), confirmado por Proteção (2000), é alarmante o número de casos (11,82%) que ocorrem com menores de idade, indicando o quanto a lei é ignorada no meio rural. Estes dados também são confirmados pela HSE (2000, 2001 e 2002) e por Corrêa & Ramos (2003) (Tabela 2.18).

Na Tabela 2.12 são encontrados os resultados sobre o local onde ocorreu o acidente. Estes resultados, segundo Alonço (2000), ressaltam que os acidentes ocorridos nas lavouras e nas pastagens são responsáveis por 71,79% dos casos de acidentes. Estes valores são também confirmados, proporcionalmente ao universo de casos estudados, por Proteção (2000), HSE (2000, 2001 e 2002), Schlosser (2002 a) e Corrêa & Ramos (2003).

A colheita, além de ser uma das operações que mais desperdiça a produção rural devido à elevada perda que ocorre durante a mesma (Alonço & Reis, 1997), também é a operação rural (Tabela 2.13) onde ocorre o maior número de acidentes (27.483 casos). O transporte de produtos (6.084 casos) e o trato com animais (7.403 casos) também se destacam negativamente, sendo responsáveis juntos, por 20,29% dos casos de acidentes.

**TABELA 2.11** – Faixa etária dos trabalhadores rurais acidentados.

IDADE (anos)	NÚMERO DE CASOS	%
Até 12	121	0,18
De 13 a 17	7.859	11,82
De 18 a 25	21.184	31,86
De 26 a 35	15.480	23,28
De 36 a 45	9.398	14,14
De 46 a 55	6.240	9,39
De 56 a 65	3.069	4,62
Mais de 65	511	0,77
Não identificado	2.622	3,94
<b>TOTAL</b>	<b>66.484</b>	<b>100</b>

Fonte: Alonço (2000).

**TABELA 2.12** – Local da propriedade rural onde ocorreu o acidente.

	NÚMERO DE CASOS	%
Lavoura	40.418	60,79
Pastagem	7.314	11,00
Não identificado	4.984	7,50
Alojamento de animais	4.803	7,22
Estradas	3.845	5,78
Benfeitorias	3.482	5,24
Locais de reflorestamento	826	1,24
Pátio	441	0,76
Cursos de água	110	0,17
Engenhos	76	0,11
Casas de vegetação	53	0,08
Máquinas de beneficiamento	40	0,06
Extrativismo	32	0,05
<b>TOTAL</b>	<b>66.484</b>	<b>100</b>

Fonte: Alonço (2000).

**TABELA 2.13** – Tarefa que estava sendo executada pelo trabalhador rural quando ocorreu o acidente.

TAREFA	NÚMERO DE CASOS	%
Colheita	27.483	41,34
Tratamentos culturais	7.797	11,73
Trato com animais	7.403	11,14
Transporte de produtos	6.084	9,15
Não definidos	4.550	6,80
Desmatamento	3.365	5,06
Deslocamentos	1.728	2,60
Semeadura	1.641	2,47
Preparo do solo	1.624	2,44
Benfeitorias	1.479	2,22
Corte de madeira	1.226	1,84
Manutenção de máquinas	524	0,79
Limpeza	423	0,64
Preparo de ração	359	0,54
Beneficiamento de produtos	239	0,40
Preparo de ferramentas	257	0,39
Manuseio de máquinas	148	0,22
Queimaduras	92	0,14
Armazenagem	62	0,09
<b>TOTAL</b>	<b>66.484</b>	<b>100</b>

Fonte: Alonço (2000).

Segundo Corrêa & Ramos (2003), as atividades agrícolas, diferentemente de muitas outras atividades desenvolvidas pelo ser humano, em sua grande maioria expõem o operador a condições insalubres: calor/frio, sol, poeira, ruído excessivo, vibrações de máquinas e esforço físico demasiado (Tabela 2.14).

Os valores encontrados na Tabela 2.15, segundo Alonço (2000), retratam a forma como são tratados os casos de acidentes no meio rural, pois, dos 66.484 casos de acidentes catalogados no meio rural, 56.450 (84,91%) não foram internados em hospitais.

A Tabela 2.16 expressa o estado provocado no acidentado. Segundo Alonço (2000), verifica-se que em 78,39% dos casos os acidentados ficaram com incapacidade e 0,73% ficaram inválidos.

Em um trabalho de “diagnóstico dos acidentes de trabalho e condições de segurança nos conjuntos tratorizados”, desenvolvidos pelo Núcleo de Ensaios de Máquinas Agrícolas (NEMA) da UFSM, segundo Schlosser (2002 a), foram entrevistados 141 operadores de máquinas agrícolas em 21 municípios da região central do Rio Grande do Sul. Das 114 propriedades rurais estudadas, em 36 haviam ocorrido acidentes com máquinas agrícolas entre 1997 e 2002. Nas áreas investigadas predominam o cultivo de arroz e soja e, em algumas, a pecuária também se faz presente.

**TABELA 2.14** – Tarefa que estava sendo executada pelo trabalhador rural quando ocorreu o acidente, no estado de São Paulo, em 2001.

TAREFA	%
Outros	18,40
Transporte de carga	15,80
Deslocamento	15,80
Preparo do solo	10,50
Pulverização	10,50
Manutenção	7,90
Tratos culturais manuais	7,90
Colheita	7,90
Plantio/semeadura	5,30
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

Fonte: Corrêa & Ramos, 2003.

**TABELA 2.15** – Se o trabalhador rural acidentado foi internado em hospital.

OPÇÕES APRESENTADAS	NÚMERO DE CASOS	%
Não	56.450	84,91
Sim	7.204	10,84
Não identificado	2.832	4,25
<b>TOTAL</b>	<b>66.484</b>	<b>100</b>

Fonte: Alonço (2000).

**TABELA 2.16** – Estado provocado no trabalhador rural acidentado.

QUADRO PÓS ACIDENTE	NÚMERO DE CASOS	%
Incapacidade	52.120	78,39
Não identificado	14.234	21,41
Invalidez	130	0,73
<b>TOTAL</b>	<b>66.484</b>	<b>100</b>

Fonte: Alonço (2000).

Ao todo foram 43 acidentes, sendo 33 (76,74%) com tratores, 9 com colhedoras e 1 com moto-serra. A pesquisa, segundo Schlosser (2002 a), revelou que o principal acidente é o capotamento lateral, sendo que a maior parte dos acidentes foi causada por atitudes inseguras. As principais causas específicas foram a operação do trator em condições extremas, a perda de controle em aclives/declives, a permissão de carona e o excessivo consumo de álcool (Tabela 2.17).

**TABELA 2.17** – Causas específicas dos acidentes ocorridos na região central do Rio Grande do Sul.

<b>CAUSAS ESPECÍFICAS DOS ACIDENTES OCORRIDOS</b>	
<b>CAUSA</b>	<b>%</b>
Perda de controle aclave/declive	18,18
Outros	18,08
Operação do trator em condições extremas	15,15
Permissão de carona	15,15
Falta de atenção	12,12
Falta de proteção contra peças que giram	9,09
Falha mecânica	6,07
Aproximação excessiva da máquina ligada	3,03
Engate inadequado	3,03
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

Fonte: Schlosser, 2002 a.

A partir dos dados obtidos no trabalho, Schlosser (2002 a) sugere a criação de mecanismos para que as estatísticas de acidentes com máquinas agrícolas sejam atualizadas anualmente, no mínimo. Segundo o autor, também é necessário mudar o caráter dos cursos de treinamento formal sobre operação e manutenção de tratores e máquinas agrícolas, buscando conscientizar os operadores a respeito da importância da segurança do trabalho.

Segundo Corrêa & Ramos (2003), os acidentes no meio rural atingem pessoas de diferentes idades, independentemente da experiência de campo e ocorrem nas mais diversas situações. Os fatores potenciais de riscos são também os mais diversos: falta de conhecimento, falta de atenção, de consciência sobre o perigo, hábitos, métodos equivocados de trabalho, uso de equipamentos tecnicamente inadequados, estresse, uso de máquinas que não atendem os princípios ergonômicos e fora do padrão de segurança, trabalho em condições insalubres (pouca iluminação, poeira, extremos de temperatura) e ausência de equipamentos de proteção individual. Contribuem também para a ocorrência de acidentes, operações em terrenos inclinados, alta velocidade durante as operações, imprudência do operador, além do uso de bebidas alcoólicas. Estas afirmativas de Corrêa & Ramos (2003) corroboram plenamente o que já havia sido identificado por Alonço (2000) e Schlosser (2002 a).

No estudo realizado por Corrêa & Ramos (2003) no estado de São Paulo (Tabela 2.18) no ano de 2001, os autores identificaram que 72,1% dos envolvidos em acidentes são operadores de máquinas agrícolas. Porém, 27,9% dos casos ocorreram com pessoas não diretamente envolvidas com a operação (perante outro empregado, vizinho, amigo).

Teoricamente, um razoável nível de instrução e experiência do operador deveriam ser fatores que favoreceriam uma operação segura. O operador que saiba ler e escrever certamente compreenderá melhor as instruções do manual de operação, bem como os avisos de advertência e a simbologia utilizada na máquina. Um operador mais experiente deveria saber evitar o acidente. A Tabela 2.19, confeccionada a partir dos dados levantados por Corrêa & Ramos (2003), mostra, entretanto, que é elevada a porcentagem (55,6%) de pessoas com mais de 10

anos na função envolvidas em acidentes. Segundo os autores, excesso de confiança, imprudência e, principalmente, o treinamento informal, onde nem sempre a informação é correta, poderiam ser apontadas como justificativas para este fato.

**TABELA 2.18**– Distribuição das classes de idades dos operadores e com pessoas não diretamente envolvidas com a operação no estado de São Paulo em 2001.

FAIXA ETÁRIA	OPERADOR (%)	NÃO OPERADOR (%)
Inferior a 16 anos	- X -	27,28
De 16 a 24 anos	11,11	18,18
De 25 a 34 anos	18,52	- X -
De 35 a 44 anos	29,63	18,18
De 45 a 54 anos	18,52	36,36
Acima de 54 anos	22,22	- X -
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fonte: Corrêa & Ramos, 2003.

**TABELA 2.19**– Tempo de envolvimento na função de operador de máquinas e percentual de acidentes ocorridos com eles, no estado de São Paulo, em 2001.

ANOS DE TRABALHO	PORCENTUAL DE ENVOLVIMENTO EM ACIDENTES (%)
Menos de 5 anos	25,93
De 5 a 10 anos	18,52
De 11 a 15 anos	11,11
Acima de 15 anos	44,44
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

Fonte: Corrêa & Ramos, 2003.

O estudo desenvolvido em São Paulo também identificou que apenas 22,22% dos operadores de máquinas agrícolas havia recebido capacitação formal oferecida por sindicatos rurais, órgãos de extensão, fabricantes, revendedores de máquinas e instituições públicas. Portanto, a imensa maioria (77,78%) dos operadores jamais recebeu qualquer tipo de treinamento, indicando que a oferta de cursos ainda é pequena, ou então, que os operadores não são incentivados a fazê-los.

Conhecer as características da ocorrência de acidentes no meio rural e discuti-las em cursos de treinamento operacional e de segurança, conforme Corrêa & Ramos (2003), é uma forma de conscientizar os operadores para o potencial de riscos da atividade agrícola. O operador, ao associar ocorrências semelhantes às situações do seu dia-a-dia, pode ajudar a prevenir acidentes. Por outro lado, ao tomar conhecimento destas ocorrências o projetista de máquinas agrícolas pode, a partir de conhecimentos científicos, tecnológicos e/ou de sua experiência, buscar soluções de projeto que eliminem, reduzam ou amenizem estes significativos e sérios problemas relatados.

Os relatos de acidentes fatais e não fatais (Tabela 2.20), colhidos no levantamento realizado por Corrêa & Ramos (2003), exigem sérias reflexões de gerentes industriais, projetistas, revendedores, proprietários rurais, operadores de máquinas e demais pessoas envolvidas com agricultura. Nesta Tabela, os autores relatam ocorrências que indicam, novamente, que o atributo *capacitação* é extremamente importante de ser levado em consideração para as etapas

de operação e manutenção da máquina. Além disso, todas as considerações relativas a estes históricos servem de base para o projeto informacional.

**TABELA 2.20** – Características da ocorrência de acidentes no meio rural, no estado de São Paulo, em 2001.

<b>RELATO</b>
Ao ajudar no transporte de feno, o empregado caiu da carreta e esta passou por cima do seu peito;
Vizinho (de 15 anos) estava de carona sobre o trator durante gradagem quando caiu sobre a grade, provocando lesão permanente em seu pé;
Ao acoplar implemento, o cardan caiu sobre seu pé;
Foi verificar a bomba do pulverizador e enrolou a camisa no cardan em movimento, ao tentar rasgá-la, esfolou a mão;
Acendeu o isqueiro perto da boca do tanque de combustível do trator, que explodiu, queimando-lhe o rosto;
Desceu do trator para descarregar a carreta com uva quando o trator se deslocou, prensando-lhe o peito contra o caminhão próximo, fraturando-lhe a clavícula;
Ao descer do trator, caiu e quebrou o tornozelo;
Ao subir em barranco, o trator tombou e a roda pegou sua perna esquerda, quebrando-a;
Ao passar sobre uma curva de nível durante a aplicação de defensivo, o trator tombou e o operador caiu sob um dos pneus, quebrando uma costela;
Estava de carona sobre o trator quando escorregou o pé entre o pneu e o pára-lama, vindo a cair e morrer;
Um pneu de trator estava encostado no muro, quando uma menina de 7 anos de idade sentou sobre ele; o pneu caiu em cima dela, matando-a;
O operador caiu do trator e a roçadora de arrasto passou sobre ele, matando-o;
Foi intoxicado com produto químico durante tratamento de semente, o que causou a sua morte

Fonte: Corrêa & Ramos, 2003.

Como sugestões e/ou recomendações oferecidas por Corrêa & Ramos (2003), e que podem e devem ser considerados no projeto para segurança, tem-se:

- ✍ Incentivar, junto às universidades federais e estaduais, a introdução de disciplinas ou tópicos específicos sobre segurança e ergonomia de máquinas agrícolas no currículo dos cursos de agronomia, engenharia agrícola e cursos de pós-graduação dessas áreas. A disseminação desses conceitos contribuirá para a formação de profissionais com visão crítica do problema;
- ✍ Fazer gestões junto ao Serviço Nacional de Aprendizagem Rural - SENAR e outros órgãos ministradores de cursos de treinamento operacional para que, além das regras de segurança normalmente enfocadas, seja dada ênfase aos requisitos/dispositivos de segurança existentes ou desejáveis na máquina agrícola, destacando-se as diferenças entre um dispositivo eficiente de um ineficiente. A percepção correta da função de determinados dispositivos ou configurações técnicas presentes na máquina agrícola e dos pontos ou locais de maior perigo auxiliarão o operador a tomar as atitudes preventivistas adequadas;
- ✍ Promover, junto aos órgãos de pesquisa e de ensino universitário, o desenvolvimento de estudos de tecnologia de segurança em máquinas agrícolas, particularmente no que se refere à configuração de projetos e materiais empregados, na proteção das fontes de riscos;
- ✍ Conscientizar o usuário de tratores e máquinas agrícolas da importância de exigir certificação da estrutura de proteção, seja ela atestada pelo fabricante ou por órgãos credenciados para tal;

Implementar a figura do operador certificado, isto é, aquele operador que, tendo recebido treinamento específico para uma atividade agrícola, seja submetido a provas de avaliação de conhecimento e práticas, coordenadas por meio de um sistema de certificação institucional que, certamente, deverá contemplar os aspectos de segurança operacional em seu conteúdo programático.

O estudo e a análise dos acidentes de trabalho na área rural realizados neste trabalho, estão longe de representar a totalidade das ocorrências. Ocorre que, segundo Proteção (2000), poucos são os trabalhadores rurais acidentados que recorrem aos postos de atendimento da Previdência Social, seja pela falta de informação, tanto do trabalhador como do empregador, seja pelas grandes distâncias a serem percorridas entre o local do acidente e o do atendimento.

## 2.4 – ASPECTOS LEGISLATIVOS NO PROJETO E UTILIZAÇÃO SEGURA DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS

Esta seção tem por objetivo apresentar formas para minimizar o elevado volume de constrangimentos sofridos pelo usuário de máquinas agrícolas, a partir da legislação brasileira. É assumido que a segurança, enquanto atributo de projeto, é mais facilmente considerada no desenvolvimento do produto, se sustentada por uma metodologia, que facilite esta atribuição em relação aos aspectos legais, normativos e da experiência.

### 2.4.1 - Legislação

Em todos os países da União Européia, segundo Márquez & Schlosser (2001), após a homologação da Diretiva “segurança nas máquinas” (referências 89/368/CEE, 93/44/CEE e 93/68/CEE), toda e qualquer máquina agrícola, rural ou florestal, assim como das indústrias de transformação, está afetada, de maneira obrigatória, por uma normativa do tipo “geral”, mas que se aplica a cada caso particular, com clara responsabilidade para o fabricante ou comerciante.

Por outro lado, os autores afirmam que, não existe uma “homologação” administrativa que se deva cumprir antes de colocar a máquina no mercado. Somente em determinadas máquinas consideradas como “muito perigosas” se necessita um “exame de tipo”, mas, em geral, basta que o fabricante na hora da venda, entregue assinada uma “declaração de conformidade” com o que estabelece a Diretiva em relação aos requisitos essenciais de “segurança” e que marque a máquina com letras CE para que tenha livre comercialização em todo o mercado europeu.

“Isto pode parecer simples, já que *somente* haverá que marcar a máquina e emitir o correspondente certificado, sem que seja necessária uma *homologação*. No entanto, a própria

Diretiva estabelece ações legais contra quem colocar a marca de maneira indevida, obrigando o infrator a retirar o produto do mercado e impedindo sua comercialização” (Márquez & Schlosser, 2001).

No Brasil, a situação é muito parecida, pois as máquinas também não necessitam de “homologação” para serem postas em comercialização e posterior uso.

Embora o agro-negócio seja um dos pilares de sustentação da economia brasileira e, embora o governo brasileiro tenha realizado esforços para garantir a fabricação, comercialização e uso de máquinas seguras, esses esforços governamentais, talvez por conveniência de alguns setores envolvidos, parecem que passaram despercebidos pela maioria dos envolvidos no processo.

A afirmação anterior toma forma quando se analisa o Decreto Presidencial nº 1255 de 29 de setembro de 1994 que promulga a convenção nº 119 da Organização Internacional do Trabalho sobre “proteção das máquinas” (Brasil, 1994).

Este Decreto Presidencial, entre outros, traz recomendações explícitas para o projeto do produto no que se refere a: 1) Posicionamento dos elementos de fixação para não apresentarem perigos no manuseio; 2) Necessidade expressa de proteção dos elementos móveis caracterizando a inacessibilidade quando em operação; 3) Por fim, as máquinas deverão ser protegidas de maneira que a *regulamentação* e as *normas nacionais de segurança e de higiene de trabalho* sejam respeitadas.

A obrigação, segundo este Decreto, de aplicar as disposições descritas anteriormente como responsabilidades dos projetistas e por consequência, dos fabricantes, deverá recair sobre o vendedor, o locador, a pessoa que cede a máquina a qualquer outro título ou o expositor, assim como, nos casos apropriados, de conformidade com a legislação nacional, sobre os respectivos mandatários.

Segundo consta no Decreto, aos trabalhadores compete: 1) Não utilizar uma máquina sem que os dispositivos de proteção de que é provida estejam montados; 2) Não tornar inoperantes os dispositivos de proteção de que seja provida a máquina que utilizar.

#### **2.4.2 - Normas Regulamentadoras – NR**

As Normas Regulamentadoras – NR, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho, pelo que é determinado pela lei portanto, são de observância obrigatória pelas empresas privadas e públicas e pelos órgãos públicos da administração direta e indireta, bem como pelos órgãos dos Poderes Legislativo e Judiciário, que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho – CLT.

## 2.5 – COMENTÁRIOS FINAIS

A partir do levantamento destes fatores associados ao processo de projeto, os dados permitem algumas conclusões e recomendações, bem como, a *definição de algumas diretrizes para serem usadas na configuração de metodologia de projeto para segurança em máquinas agrícolas.*

São elas:

Segundo Schlosser (2002 b), o ruído nas cabinas de tratores diminuiu de 91,4 dB em 1971, para 79, 6 dB em 1984. Em estudo realizado na Universidade Federal de Santa Maria, comparando um trator equipado com cabina e um não equipado, os níveis de ruído desenvolvidos pelo trator aumentaram linearmente com o aumento da rotação do motor. Foram analisados os ruídos com o motor operando de 1200 a 2200 rpm e os ruídos para o trator sem cabina, com cabina com as aberturas fechadas e com cabina com as aberturas abertas, variaram de cerca de 80 db(A) a 94 dB(A). A NR 15 determina que o nível de ruído aceitável para efeito de conforto deve ser de até 85 dB (A) para cada 8 horas de trabalho. Logo, após análise dos resultados encontrados em Schlosser (2002 b), para que o operador não corra riscos, seria interessante reduzir ainda mais os ruídos a que são submetidos os operadores de modo a garantir que a legislação será efetivamente cumprida.

Porém, muitos outros aspectos, como por exemplo proteção das “partes móveis”, “de correias”, “de polias”, absorção das vibrações de baixa frequência, entre outros, poderão ser corrigidos com razoável facilidade, sem elevação significativa nos custos de produção, caso sejam inseridos como requisitos de projeto, já na fase informacional, no processo de projeto.

Pelo exposto, e fazendo-se uma análise das máquinas e equipamentos agrícolas hoje oferecidas no mercado (não em sua totalidade, mas em uma boa parcela delas), assim como dos trabalhos aqui discutidos, é possível tecer algumas considerações e oferecer algumas diretrizes que deverão ser incluídas já na fase de projeto de máquinas agrícolas e planejamento de seu uso. São elas:

a) Gerais:

- ✍✍ Pela própria formação acadêmica oferecida pelas Universidades, os engenheiros projetistas não conhecem a Legislação vigente no País ou, se conhecem, em muitos casos não a aplicam;
- ✍✍ Toda a empresa, por menor que seja, necessita de no mínimo um assessoramento jurídico, sob pena de, no momento em que os consumidores tiverem pleno conhecimento de seus direitos, serem acionadas judicialmente;
- ✍✍ Os órgãos governamentais encarregados da fiscalização da fabricação, comercialização e utilização de máquinas agrícolas, talvez por falta de pessoal ou por desconhecimento das

sérias irregularidades e inobservâncias à Lei na cadeia produtiva agropecuária, muito pouco ou quase nada realizam;

⚡⚡ Como na grande maioria dos casos, quem adquire as máquinas e equipamentos agrícolas não é quem as opera ou realiza manutenção, o nível de exigência sobre aspectos de ergonomia e segurança não é incisivo. Logo, algumas indústrias sentem-se à vontade para a não observância de alguns itens;

⚡⚡ Se, com todas as campanhas existentes nos meios de comunicação, esclarecendo e alertando a população urbana para os riscos de acidentes, tanto nas estradas como nas indústrias, o seu número é reconhecidamente muito grande, no meio rural, onde, via de regra estas campanhas não tem a mesma penetração, através dos precários números apresentados é possível se ter uma idéia da gravidade do problema;

⚡⚡ As leis que existem no meio urbano parecem não ser as mesmas que existem no meio rural, pois elevados são os casos de acidentes ocorridos com pessoas dirigindo máquinas agrícolas, com idade inferior a 18 anos, desafiando as leis do Código de Trânsito Brasileiro, que prevê Habilitação “C “ou “D “ e idade superior a 18 anos (Alonço, 2001 a);

⚡⚡ Face ao elevado nível de sofisticação que as máquinas agrícolas cada vez mais apresentam, caso não sejam tomadas atitudes urgentes e eficientes em termos de educação das pessoas que trabalham no ambiente rural, os números de acidentes, embora raramente façam estatísticas, com certeza aumentarão;

⚡⚡ As perdas materiais que acompanham os acidentes, mesmo ocorrendo sem lesões ou mortes, caracterizam a potencialidade da materialização de prejuízos muito maiores que os evidentes;

⚡⚡ Custos indiretos, também, são todos os fatores *stand by* que permeiam a situação do acidente como: os gastos com primeiros-socorros, ambulatório e hospital, a substituição do operário acidentado, o número de horas de treinamento que deverá ser dado ao que for realizar as tarefas da vítima, as paradas de produção, por horas e até dias, devido ao clima pessimista que acompanha o pós-acidente. Tudo isto interfere na produtividade das pessoas e precisa ser avaliado;

⚡⚡ Deve ser considerado como dispêndio indireto as pessoas mobilizadas para investigar o acidente. Elas continuam sendo pagas, ficam recebendo salário para atuar em medidas corretivas, para fazer entrevistas com os envolvidos nos acidentes ou para investigar. Durante este período, deixam de fazer o trabalho de prevenção, que é o objetivo principal para o qual foram contratados.

b) Próprias para a execução do projeto:

- ☞☞ A transformação de exigências legislativas e normativas em *restrições de projeto* e, inseridos já na fase informacional do processo de projeto, poderão definir o problema de projeto de forma mais apropriada, proporcionando soluções mais seguras para as máquinas através das atividades de concepção;
- ☞☞ Em relação aos manuais do operador e do mantenedor: a) Não escrever frases longas; b) Não utilizar expressões verbais complexas; c) Evitar advérbios e preposições que indicam graus como “relativamente provável”; d) Evitar abreviações como “alavanca da plataforma de corte **cont.**”, onde **cont.** pode ser controlada, contida, contrariada, etc.; e) Fornecer aos tradutores glossários bilíngües e dicionários técnicos (Alonço, 2001 b);
- ☞☞ Em relação à operação segura de máquinas agrícolas: a) Conhecer como as máquinas deverão ser operadas durante o trabalho para reduzir ou eliminar riscos; b) Colocar dispositivos protetores que isolem o usuário dos elementos potencialmente perigosos; c) Indicar como realizar a formação profissional do utilizador; d) Desenvolver e planejar campanhas de informação sobre os riscos advindos das operações agrícolas.

A partir do exposto neste capítulo, foi elaborado o Quadro 2.1 onde são exploradas as *causas específicas da ocorrência de acidentes*, durante as atividades de *operação, manutenção, deslocamento e armazenagem* das máquinas e suas principais tarefas a fim de fornecer subsídios a serem inseridos como redutores ou eliminadores de perigos nas fases de projeto informacional e conceitual.

Os principais tipos de lesões e/ou eventos que poderão ser gerados são: Ferimento/contusão; perda de membro; queimadura; fratura; fatal (morte); doença ocupacional; dano ao ambiente; danos materiais e perda de tempo.

A parte do corpo que poderá ser atingida e/ou problemas gerados, caso ocorram acidentes são: Cabeça; membro superior; membro inferior; tórax, coluna, costas; órgãos internos; elevação de custos; falta de operadores; outros.







# Capítulo 3 — ESTADO DA ARTE SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS BASEADOS EM SEGURANÇA

## 3.1 – INTRODUÇÃO

Projeto de engenharia, segundo Back (1983), é uma atividade orientada para o atendimento das necessidades humanas, principalmente daquelas que podem ser satisfeitas por fatores tecnológicos de nossa cultura. A satisfação dessas necessidades não é peculiar ao projeto de engenharia, pelo contrário, ela é comum a muitas atividades humanas.

Muitas são as sistemáticas de projeto, já estruturadas e descritas na literatura. De uma forma geral, elas abordam as fases de projeto **informacional**, projeto **conceitual**, projeto **preliminar** e projeto **detalhado** (Figura 3.1).

Atualmente, em função das necessidades de se ter um produto funcionalmente correto, competitivo, inovador, foram desenvolvidos métodos, técnicas e processos que facilitam o projeto de produto do ponto de vista da função, dos aspectos econômicos, da montagem e da fabricação.

Paralelamente ao descrito anteriormente, surgem exigências do consumidor, apoiadas em legislação governamental, normas técnicas, normas regulamentadoras e no conhecimento gerado por usuários e/ou pesquisadores não envolvidos com a indústria e, por isto mesmo, independentes o suficiente para exigir que sejam considerados no projeto do produto, de maneira mais significativa, atributos de manutenibilidade, confiabilidade, ambientais, descarte, segurança entre outros, pois, a experiência demonstra que, caso os mesmos sejam inseridos no projeto do produto, a médio e longo prazo, os benefícios econômicos serão maiores.

Este trabalho, como explicitado em seus objetivos, tem por fundamento estudar e considerar o atributo **segurança** dos usuários de máquinas agrícolas, pretendendo com isto, gerar facilidades para sua inserção no desenvolvimento do produto, principalmente, nas fases do projeto **informacional** e **conceitual** (Figura 3.1), utilizando a metodologia de projeto citada por Pahl & Beitz (1996) e enriquecida pelos diversos trabalhos desenvolvidos no NEDIP.

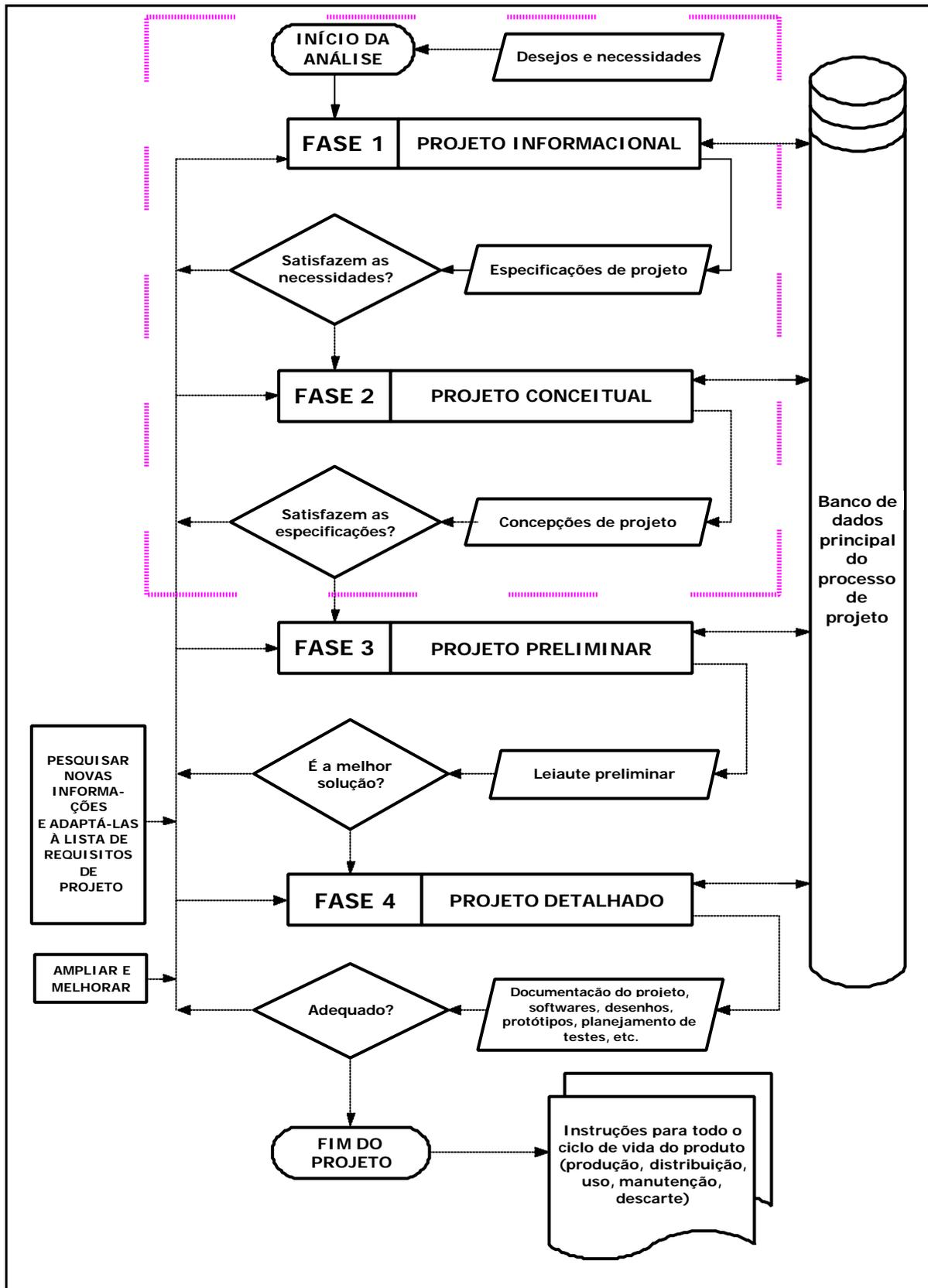


FIGURA 3.1 - Metodologia de projetos.

Fonte: Maribondo, 2000.

Grande parte dos autores que se dedicam ao desenvolvimento e aprimoramento de metodologia de projeto como um todo, entre eles Maribondo (2000), Fonseca (2000), Ogliari

(1999), Carpes Júnior (2001) e Mazetto (2000), a variável segurança é levada em consideração em algumas fases do processo, porém observa-se que a mesma se perde em detrimento de outros, como por exemplo, custos, função global, aparência, entre outros.

Neste Capítulo, são concentrados esforços no sentido de evidenciar aspectos de segurança humana no projeto e uso do produto a fim de que os mesmos possam vir a auxiliar na geração de facilidades de acesso às informações referentes ao assunto, de modo a serem consideradas pelo projetista, já nas fases do projeto *informacional* e *conceitual*, como também nas outras fases.

### 3.2 – VISÃO GERAL SOBRE METODOLOGIAS DE PROJETO

Em várias obras literárias sobre projeto de engenharia são encontrados diversos modelos para a condução sistemática do projeto de produtos. Em geral, são do tipo de procedimentos, ou seja, orientam os projetistas, passo a passo, sobre a maneira de proceder e sobre os recursos que devem ser utilizados na resolução de determinados tipos de problemas de projeto. Esses modelos apresentam-se, normalmente, na forma de fluxogramas das atividades de projeto, expressando o “o que” os projetistas devem fazer, desde a identificação do problema até a documentação final do produto. Alguns estudos mostram, de maneira mais ou menos detalhada, essas abordagens de procedimentos, além de outras, analisando-as sob vários enfoques.

Particularmente, considerando os modelos de procedimentos de projeto, não se encontram evidências claras sobre os caminhos ou as diretrizes para o processo de como capturar as informações já existentes e utilizá-las, sobretudo em suas fases iniciais. Eles tratam mais sobre o “o que” fazer e pouco sobre o “como” fazer. Nesse sentido, se justificam por exemplo, estudos para identificar quais são os requisitos para a construção de um banco de dados com informações sobre aspectos inerentes à segurança dos usuários de máquinas agrícolas em metodologias de projeto e, em seguida, definir uma estrutura sobre a qual isto possa ser conduzido.

Embora existam diversas proposições de metodologias de projeto, tomando-se como exemplo algumas abordagens freqüentemente apresentadas e referenciadas na literatura, pode-se verificar que elas são bastante similares. Para tal, considera-se a seguir a análise geral dos modelos de metodologia de projeto propostos pelos seguintes autores: Back (1983), Pahl & Beitz (1996), Hubka & Eder (1996) e Ullman (1992). Estas são abordagens clássicas para a condução sistemática do projeto, apresentadas na forma de planos de procedimentos ou modelos prescritivos do projeto (Figura 3.2).

Em cada uma das abordagens (Figura 3.2), verifica-se que os modelos, apesar de suas especificidades, apresentam elementos similares. As diferenças ocorrem, normalmente, na

terminologia empregada pelos autores e no detalhamento dos processos de projeto. Dessa maneira, Ogliairi (1999) considera como um modelo de consenso para o projeto sistemático de produtos (Figura 3.3), o qual representa, de maneira abrangente, as proposições de metodologias de projeto.

Em síntese, de acordo com a Figura 3.3, o projeto de produtos inicia-se com as informações do mercado. Incluem-se, nesse escopo, os interesses ou as manifestações dos clientes de projeto, ou seja, daquelas pessoas ou organizações que se relacionam, direta ou indiretamente, com o projeto ou produto em questão. Tais informações, geralmente genéricas e qualitativas, são transformadas em especificações de projeto, ou seja, em requisitos quantificados, que estabelecem os principais problemas técnicos a serem resolvidos e as restrições de solução. Esse processo de transformação é denominado, segundo Fonseca (2000), de **projeto informacional** do produto.

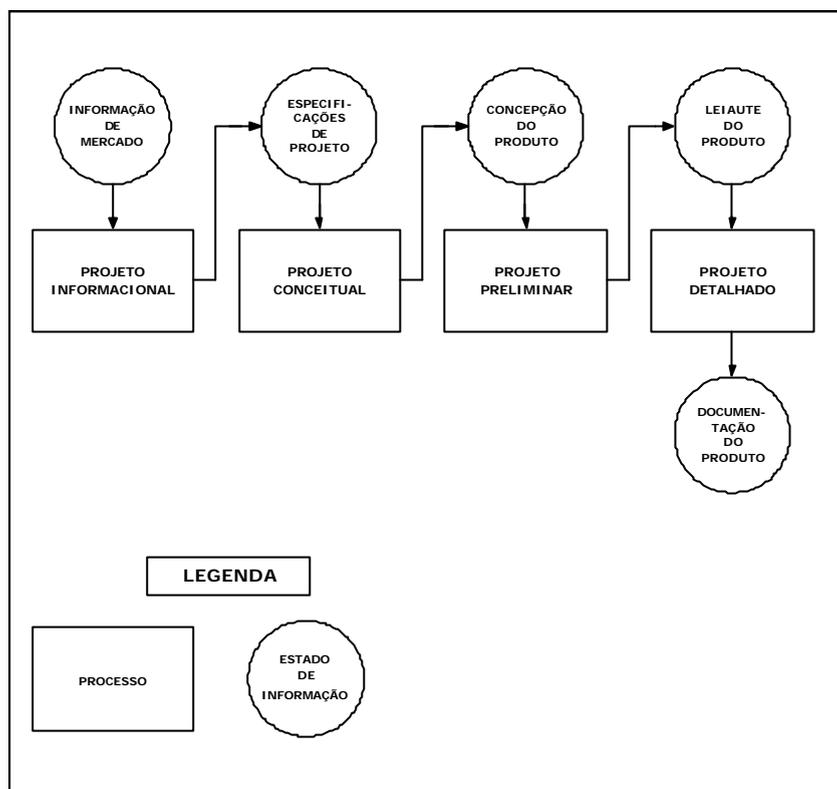
	<b>PROJETO INFORMACIONAL</b>	<b>PROJETO CONCEITUAL</b>	<b>PROJETO PRELIMINAR</b>	<b>PROJETO DETALHADO</b>
<b>Autor</b>	<b>BACK (1983)</b>			
<b>Fases</b>	Estudo de	Viabilidade	Projeto Preliminar	Projeto Detalhado
<b>Saídas</b>	Conjunto de Soluções Possíveis		Solução Otimizada	Descrições do Produto
<b>Autor</b>	<b>ULLMAN (1992)</b>			
<b>Fases</b>	Planejamento e Desenvolvimento de Especificações	Projeto Conceitual	Projeto do	Produto
<b>Saídas</b>	Especificações De Projeto	Concepções	Produto Final	
<b>Autor</b>	<b>PAHL &amp; BEITZ (1996)</b>			
<b>Fases</b>	Planejamento e Desenvolvimento da Tarefa	Projeto Conceitual	Projeto Preliminar	Projeto Detalhado
<b>Saídas</b>	Lista de Requisitos	Concepção do Produto	Leiaute definitivo do Produto	Documentos Do Produto
<b>Autor</b>	<b>HUBKA &amp; EDER (1996)</b>			
<b>Fases</b>	Elaboração do Problema Atribuído	Projeto Conceitual	Projeto Preliminar	Detalhamento
<b>Saídas</b>	Especificações De Projeto	Estrutura de Órgãos Concepção	Leiaute Dimensional	Descrição Do Sistema Técnico

**FIGURA 3.2** – Síntese comparativa entre metodologias de projeto.

Fonte: Romano, 2000.

Na fase que se segue, desenvolve-se o **projeto conceitual** do produto que, em outras palavras, é o estabelecimento da concepção que melhor satisfaz às especificações de projeto.

Essa concepção, de natureza qualitativa, representa o produto em suas principais funcionalidades e princípios de solução e caracteriza-se através de esquemas ou esboços da solução desenvolvida.



**FIGURA 3.3** - Modelo de consenso para o projeto sistemático de produtos.

Fonte: Ogliari, 1999.

Sobre a melhor concepção desenvolvem-se processos para configurar o leiaute do produto. Esse leiaute, de natureza quantitativa, consiste no arranjo geral dos elementos que caracterizam o produto em suas principais geometrias e formas. Trata-se do **projeto preliminar do produto**.

Por último, desenvolvem-se processos para transformar o leiaute do produto em documentos que caracterizam detalhadamente as soluções desenvolvidas e que possibilitam a sua realização física. Trata-se da documentação final do produto obtida sob o **projeto detalhado** do produto.

Nesta tese, que possui como objetivo principal desenvolver metodologia de projeto para a concepção de máquinas agrícolas seguras, os estudos são desenvolvidos para as fases de projeto *informacional* e *conceitual* por entender-se que, na primeira, é onde encontra-se a pesquisa necessária para bem caracterizar o problema de projeto (no caso, dotar a máquina de aspectos associados com o atributo segurança) e, na segunda, é quando as decisões mais importantes são tomadas por ser nesta fase que ocorrem as maiores oportunidades de criação/ inovação devido ao fato de os custos de mudança serem baixos.

### **3.3 - ESTADO DA ARTE SOBRE O PROJETO PARA A SEGURANÇA**

Muitos são os autores que se preocupam com segurança humana nas diversas atividades desenvolvidas, principalmente quando estas envolvem a utilização de máquinas e equipamentos. Nesta seção são apresentados os resultados de trabalhos já desenvolvidos, proposições de metodologias a serem utilizadas no processo de projeto a fim de garantir a *segurança humana*.

Lima (1985), em sua contribuição à análise da insegurança no trabalho e ao projeto de máquinas mais seguras, afirma que o caráter patogênico do trabalho se constitui numa preocupação da sociedade industrial em geral e, particularmente, dos países periféricos, como o Brasil, onde prevalece uma elevada incidência de acidentes e doenças ocupacionais. Segundo o autor, a solução deste problema envolve, antes de tudo, a compreensão das “causas” desses agravos. Assim, em um primeiro instante, foram avaliadas várias teorias (fatalidade, culpabilidade, predisposição, multicausalidade) e, contrapondo-se a elas, uma outra concepção que procurou entender o problema em seu caráter histórico e social. O processo saúde-doença no trabalho (com especial interesse no trabalho com máquinas), foi relacionado aos processos de desenvolvimento tecnológico, de redução de custos e de alienação do trabalho que operam paralela e inter-relacionadas dentro do modo de produção capitalista. Num segundo momento, Lima (1985) propôs algumas técnicas e recomendações ao projeto de máquinas e ferramentas com maior segurança, avaliou as contribuições da engenharia de segurança de sistemas, da ergonomia e a utilização de dispositivos de segurança sem esquecer que, dada à dimensão histórica da relação saúde-trabalho, a necessidade e a conquista de melhores condições de trabalho dependem, fundamentalmente, da ação dos próprios trabalhadores.

Carpes Júnior (2001), ao analisar segurança humana para desenvolvimento de produtos mais seguros, propôs uma forma de mensurar a segurança dos produtos e um método para determinar as necessidades de segurança do consumidor em relação aos produtos para serem traduzidas em requisitos de projeto. A mensuração da segurança foi aplicada nos equipamentos de indústrias moveleiras e o método de determinação das necessidades de segurança em tupidias de mesa. As principais contribuições de Carpes Júnior (2001) foram: a clara definição dos conceitos de risco e perigo, conceitos até então confusos; a definição clara do significado da segurança dos produtos para o consumidor; a identificação dos parâmetros referenciais para a medição da segurança dos produtos, em substituição à utilização de variáveis associadas à confiabilidade; o estabelecimento de um índice de segurança que para possibilitar a comparação entre produtos semelhantes e indicar qual o mais seguro e qual o mais perigoso; o detalhamento do processo de determinação das necessidades de segurança necessárias ao desenvolvimento de um produto.

Barone et al. (2000), em um trabalho sobre o gerenciamento de segurança em projeto de maquinaria pela integração CAD-PDM, desenvolveram um ambiente de projeto capaz de guiar e apoiar o projetista durante a criação dos documentos relativos à segurança das máquinas. Os autores reuniram em um banco de dados, partes de normas técnicas, documentos padrões, normas técnicas na íntegra, notas, documentos técnicos, subdividindo-os em seções que permitissem o acesso a todas as informações necessárias. Identifica-se neste trabalho, que os autores seguiram o modelo de projeto proposto por Pahl & Beitz (1996). O estudo de caso foi desenvolvido sobre uma máquina para cortar mármore e permitiu concluir que o uso de um sistema de banco de dados aliado a um sistema de gerenciamento de dados do produto, estando como centro do sistema entidades gráficas, permitem a associação de qualquer informação pertinente a desenhos do CAD.

Outra conclusão importante de Barone et al. (2000) é que este sistema de projeto implementado em um contexto industrial revelou três benefícios: a) melhor qualidade dos dados; b) dados com melhor consistência; c) monitoramento constante dos processos da análise de riscos durante o processo de projeto.

Pighini (2000) e Pighini et al. (2001), em seu procedimento de projeto para a segurança de sistemas mecânicos, afirmam que Projeto para Segurança ocupa uma importância primária para a espécie humana e este fato é demonstrado pelo interesse neste tópico por parte de institutos de pesquisa, companhias, estados, pelo desenvolvimento de estudos teóricos e experimentais e pela crescente edição e confecção de normas técnicas nacionais e internacionais. Estas normas, adotadas por todos os países da Comunidade Européia e, muitas delas já traduzidas e oficializadas como Normas Técnicas Brasileiras (ABNT), determinam afinal a importância que possuem os projetistas, o trabalho de projeto e muitos aspectos de sistematização de projeto que devem ser incorporados, como por exemplo, Segurança, Ergonomia, Manutenção, Análise de Ciclo de Vida.

Segundo Pighini et al. (2001), a solução para um procedimento geral de projeto para a segurança não é fácil, pois a segurança não só deve ser assegurada para o operador das máquinas, mas também para o ambiente e para o próprio sistema mecânico. De fato, só é possível atingir maior segurança, quando existir o perfeito equilíbrio entre homem-máquina-ambiente. Se um único destes fatores sair deste equilíbrio, surgirá um risco envolvendo a tríade inteira. Além disso, só poderá ser alcançado de modo satisfatório o pleno desenvolvimento de um procedimento de projeto para segurança, observando os princípios básicos de sistematização de projeto. Estes princípios permitem desenvolver um estudo realmente sistemático e, ao mesmo tempo, um completo e bem definido processo de projeto, formalizado por claros diagramas de fluxo.

Os conhecimentos necessários para o desenvolvimento do procedimento de projeto para segurança, segundo Pighini et al. (2001), são muitos e amplos (Quadro 3.1). Podem ser subdivididos da seguinte forma: a) Banco de dados; b) Ferramentas de Projeto; c) Análise do Ciclo de Vida; d) Erro Humano; e) Relação Segurança/Custos.

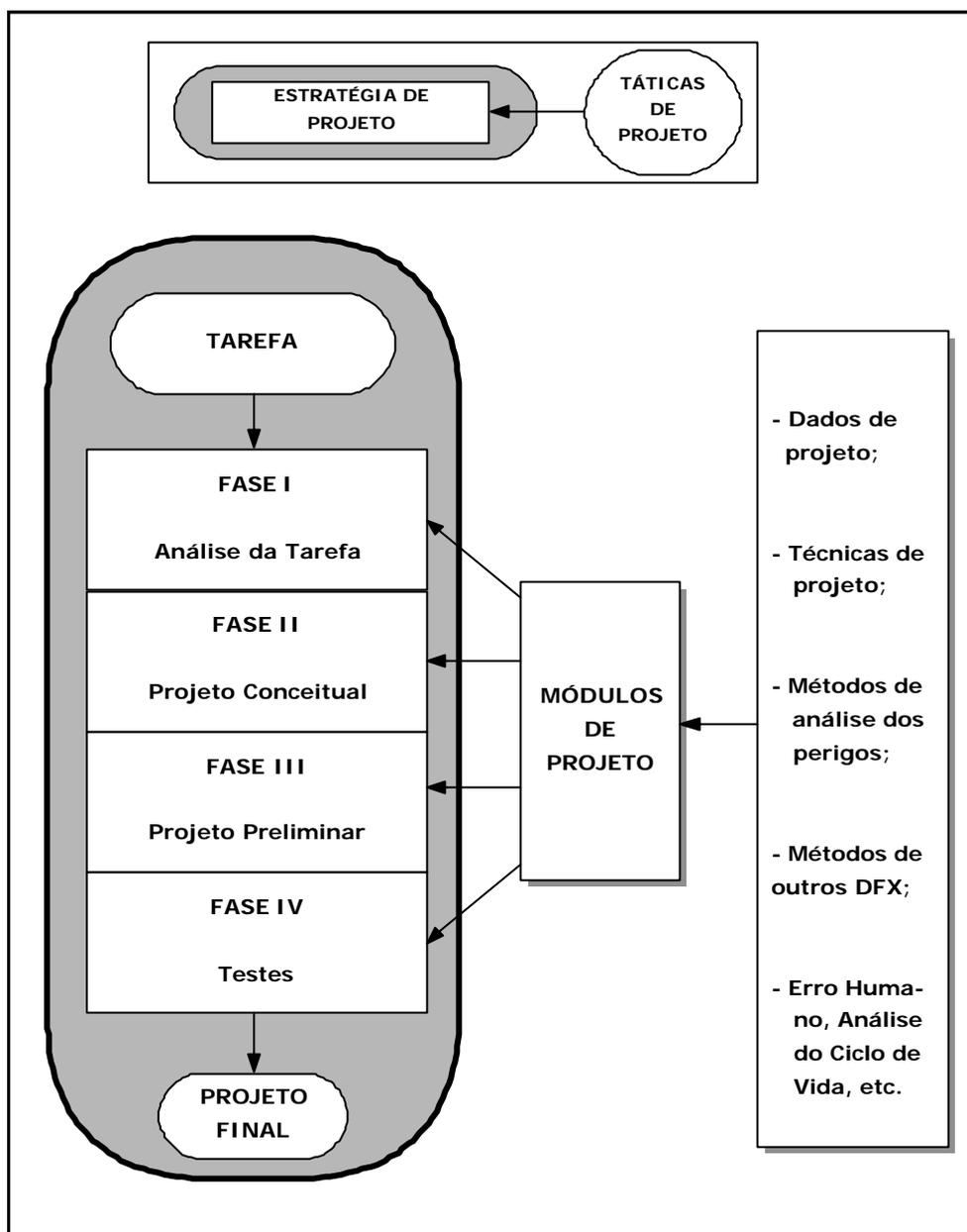
O procedimento como um todo, segundo Pighini et al. (2001), pode ser considerado como um jogo de Módulos de Projeto a ser usado paralelamente ao Processo de Projeto. O conceito geral que mostra esta dependência é apresentado na Figura 3.4 e, deste modo é possível entender o tipo de trabalho a ser executado pelo projetista. Passando pelo Processo de Projeto, o projetista conhecerá problemas conectados à segurança e poderá resolvê-los. No início ele tem que definir estes problemas com precisão e separar claramente as exigências a serem cumpridas para a solução dos mesmos. Em uma segunda fase, ele deve decidir as informações e as Ferramentas de Projeto a serem usadas no trabalho.

Todo o conhecimento à disposição no Módulo de Projeto DFS (Design for Safety) pode ser considerado como um recipiente de informação e ferramentas serem usadas de acordo com o procedimento especial que será proposto por Pighini et al. (2001) posteriormente. A descrição deste procedimento será relacionada aos códigos de identificação, incluídos no Quadro 3.1.

**QUADRO 3.1 - Conhecimento Básico**

<b>Código</b>	<b>Tipo de dados</b>	<b>Produção</b>
<b>A1</b>	Normas ISO, EN, UNI (ABNT)	<b>Normas Técnicas</b>
<b>A2</b>	Estatísticas de Incidentes	Dados e Estatísticas
<b>A3</b>	Estudos de Caso	
<b>A4</b>	Informações de Construtores	
<b>A5</b>	Informações de Usuários	
<b>Código</b>	<b>Ferramentas de projeto (Métodos para análise de perigos)</b>	
<b>B.1.1</b>	Análise Preliminar de Perigo	PHA
<b>B.1.2</b>	O quê/se	WI
<b>B.1.3</b>	Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos	FMEA
<b>B.1.4</b>	Análise da Árvore de Falhas	FTA
<b>B.1.5</b>	Análise da Árvore de Eventos	ETA
<b>B.1.6</b>	Análise das Mudanças	CA
<b>B.1.7</b>	Perigo e Operacionalidade	HAZOP
<b>B.1.8</b>	Método Organizado para uma Análise Sistemática de Riscos	MOSAR
<b>Código</b>	<b>Ferramentas de projeto (Métodos Gerais)</b>	<b>Abreviatura</b>
<b>B.2.1</b>	Desenvolvimento da Função Qualidade	QFD
<b>B.2.2</b>	Revisão de Projeto	DR
<b>B.2.3</b>	Projeto do Sistema Homem-Máquina	MMSD
<b>B.2.4</b>	Investigação do Procedimento do Usuário	IUB
<b>Código</b>	<b>Ferramentas de projeto (Técnicas de DFX)</b>	<b>Abreviatura</b>
<b>B.3.1</b>	Projeto para a Confiabilidade	DFRe
<b>B.3.2</b>	Projeto para a Manutenibilidade	DFMa
<b>B.3.3</b>	Projeto para a Ergonomia	DFErg
<b>B.3.4</b>	Projeto para o Ambiente	DFEnv
<b>B.3.5</b>	Análise do Ciclo de Vida	LCA
<b>B.3.6</b>	Projeto contra o Erro Humano	DAHE
<b>B.3.7</b>	Relação Segurança/Custo	S/C R

Fonte: Adaptado de Pighini et al. (2001).



**FIGURA 3.4** - Processo de projeto para a segurança (Conceito).

Fonte: Adaptado de Pighini et al., 2001.

O procedimento DFS será apresentado seguindo um esboço definido. No Diagrama de Fluxo do Processo de Projeto, as ferramentas auxiliares formais são associadas aos diferentes passos onde os problemas de segurança parecem importantes. As indicações relativas às ferramentas auxiliares são obviamente muito pequenas, sendo claro que, para o uso do procedimento é necessário fazer referência ao processo como um todo (Pighini et al., 2001).

Segundo Pighini et al. (2001), é importante salientar que, enquanto para o uso de métodos necessário se faz realizar uma escolha do mesmo em relação ao tipo de problema e para o nível de concretização do Sistema Mecânico, no caso de informações e de Regras de Projeto é necessário considerar os dados de uma forma global, levando em consideração todos os conhecimentos disponíveis. De fato, todo o conhecimento forma uma base científica para o pro-

jetista e são usados no Projeto dos Sistemas Mecânicos a fim de os orientarem para um nível mais alto de segurança. Com respeito aos métodos, os mesmos proporcionam aos projetistas outras informações que os ajudam a escolher a seqüência lógica de utilização de acordo com as necessidades do Sistema Mecânico a ser projetado.

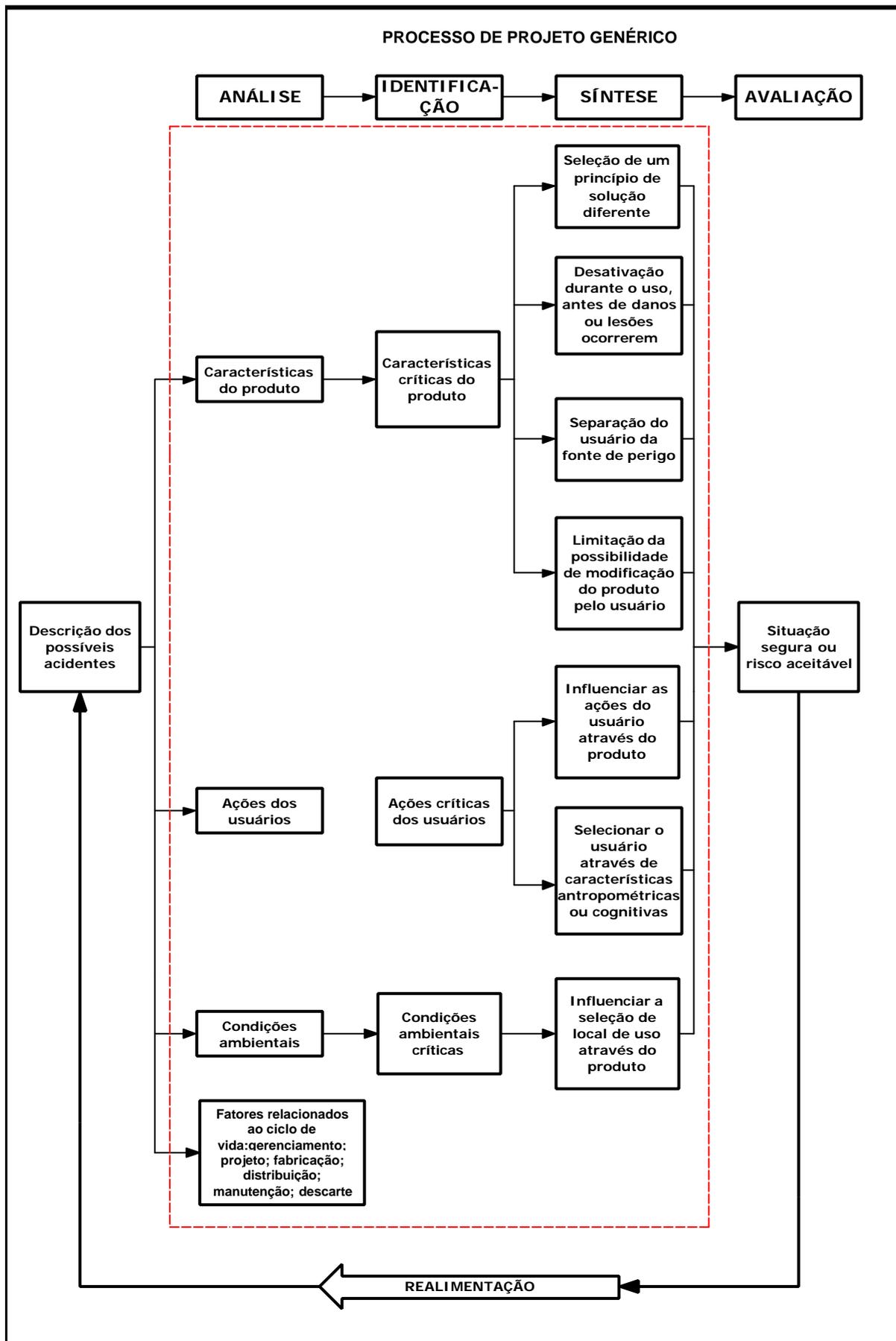
Na prática, o uso dos métodos não se dá de forma separada, mas extremamente combinada. Por exemplo, o QFD é ajudado pela revisão de projeto ou por métodos de Análise de Perigo, FMEA, FTA e outros. Se não houver nenhuma indicação na coluna à direita do procedimento de Projeto para a Segurança, isto significa que outras ferramentas fora deste Procedimento serão usadas.

Pighini (2000) e Pighini et al. (2001) apresentam estudos que suportam o tema de pesquisa em questão. Contudo, entende-se que a consideração da segurança em nível somente do projeto preliminar e detalhado fica limitada. Nestas etapas muitas das decisões tomadas em termos de informação e conceitos podem ser decisivas para a segurança do produto. É nessa direção que a pesquisa apresentada contribui para o projeto para a segurança, pois, em nível de projeto informacional e conceitual existe maior possibilidade de incluir os aspectos de segurança no produto para todas as etapas do processo de projeto.

Schoone-Harmsen (1990) propõe um método para o projeto de produtos seguros. Este método é composto de duas partes: uma de análise e outra de síntese, conforme apresentado na Figura 3.5. A primeira parte, a análise do problema, possibilita a identificação dos problemas de segurança devido às características críticas do produto, às ações críticas do usuário e às condições ambientais críticas, que podem resultar em acidentes. Através da síntese, buscam-se soluções para os problemas em relação às características do produto, às ações críticas do usuário e às condições ambientais. Finalmente, faz-se a avaliação da efetividade da solução. A avaliação da solução é feita através da comparação qualitativa entre o projeto anterior do produto e o atual, buscando determinar se os problemas foram resolvidos e se novos problemas foram criados. A área da Figura 3.5 delimitada pela linha tracejada servirá como estrutura básica sobre a qual será proposta a base de dados do presente trabalho.

Para Van Aken (1997), o reprojeto de produtos ao consumidor pode ser dividido em dois estágios: (1) identificação de perigos e estimativa do risco e (2) busca de medidas de eliminação de perigos e redução de riscos.

No primeiro estágio de identificação de perigos e estimativa do risco, pode-se utilizar técnicas de análise de segurança. Além disso, o projetista deve buscar compreender como o produto e suas características podem provocar acidentes, verificando os perigos e as possibilidades de interações com o usuário. Por exemplo, pode-se observar as diversas possibilidades de aprisionamento de partes do corpo por produtos de parques infantis na Figura 3.6.



**FIGURA 3.5** – Método para o projeto de produtos seguros.

Fonte: Adaptado de Schoone – Harmsen (1990).

Quanto ao segundo estágio, a busca de medidas de eliminação de perigos e redução de riscos pode ser conduzida intuitivamente ou dedutivamente, observando padrões e soluções já utilizadas anteriormente. Van Aken (1997) cita que existem duas classes básicas de padrões de segurança, uma sobre produtos específicos, como por exemplo sobre produtos para crianças, e outra para perigos específicos, como por exemplo sobre temperaturas nas superfícies de máquinas. Embora estes padrões sejam normalmente para máquinas industriais podem ser utilizados para quaisquer outros produtos.

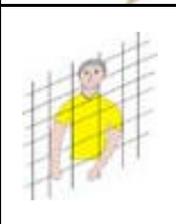
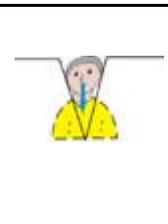
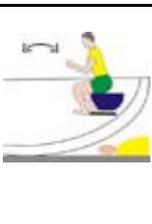
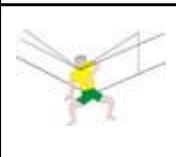
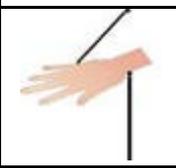
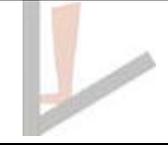
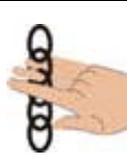
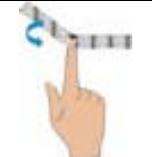
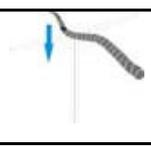
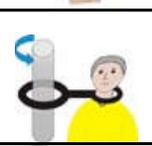
Main (1996) propõe um método para melhoria da segurança dos produtos, enfatizando a identificação de perigos. Este método proposto composto de cinco passos, a saber (Figura 3.7):

1. Definir o sistema: inclui as características físicas e funcionais e a compreensão e avaliação de pessoas, procedimentos, vantagens, equipamento e ambiente;
2. Identificar os perigos: identifica-se os perigos e possíveis eventos indesejáveis. Além disso, determina-se a causa destes perigos. Entre as formas de identificar os perigos tem-se a técnica de criatividade "brainstorming"; considerar as fases do projeto; entrevistar usuários; avaliar falhas e modos de falhas; examinar produtos similares;
3. Avaliar os perigos: a probabilidade e a gravidade. Além disso, escolher entre eliminar o perigo ou aceitar e controlar o risco;
4. Solucionar perigos; eliminar o perigo, assumir o risco, controlar o risco ou implementar ações corretivas;
5. Monitorar a efetividade e o aparecimento de perigos inesperados.

Estes métodos devem ser utilizados no início do processo de projeto (Main & Ward, 1992), sendo que a grande dificuldade, segundo os autores, é o “como” fazê-lo. Os mesmos autores comentam que a motivação dos projetistas para desenvolver e/ou produzir produtos mais seguros não é o problema, pois os projetistas não buscam criar produtos inseguros. O problema está em formalizar ou explicitar métodos que possam ser parte integrante do processo de projeto, baseados na avaliação dos perigos e no controle de suas possíveis consequências, sendo esta a motivação para propor um método, para melhorar a segurança dos produtos.

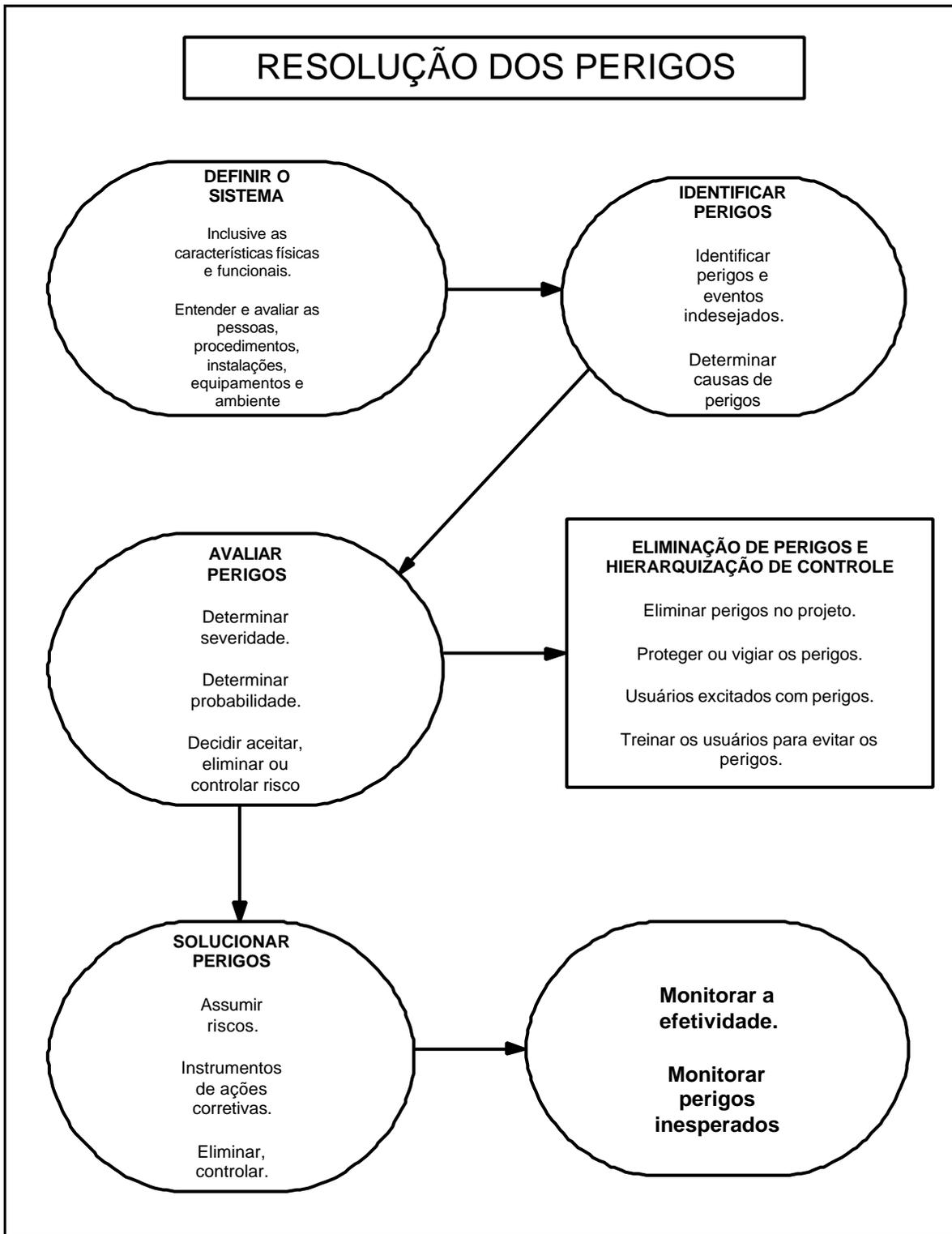
Nestes métodos aparecem duas fases em comum: uma analítica e outra de síntese. A fase analítica consiste na definição do sistema, na identificação de perigos e riscos e na estimativa de riscos. Ou seja, na identificação do problema de segurança relativo ao produto, que são basicamente devido às características do produto, às ações do usuário e aos problemas ambientais. Na fase analítica pode-se utilizar métodos de análise indutivos e dedutivos. Na fase de síntese é onde são geradas as soluções para o problema da segurança, baseadas princi-

palmente na eliminação dos perigos, limitação dos riscos e informações ao usuário. Aparece ainda uma última fase, a fase de avaliação da efetividade da solução. Nesta fase, pode-se verificar se as soluções adotadas resolveram o problema de segurança constatado no produto e se não geraram mais problemas. Anteriormente a estas, pode-se ainda inserir uma primeira fase, a fase de coleta de informações. Em relação a todo o processo de projeto de produtos, normalmente, as fases analíticas e sintáticas se alternam e se complementam diversas vezes, visando a correção de problemas surgidos (Pahl & Beitz, 1996).

	Completamente confinado		Parcialmente confinado 3	Geometria em V 4	Partes salientes 5	Partes móveis 6
	Rígido 1	Não rígido 2				
<b>A</b> Corpo Inteiro						
<b>B</b> Cabeça/ Pescoço iniciando com a cabeça						
<b>C</b> Cabeça/ Pescoço Iniciando com o pé						
<b>D</b> Mãos e Braços						
<b>E</b> Pés e pernas						
<b>F</b> Dedos						
<b>G</b> Roupas						
<b>H</b> cabelos						

**FIGURA 3.6** – Matriz de possíveis situações de aprisionamento.

Fonte: Adaptado de Van Aken, 1997.



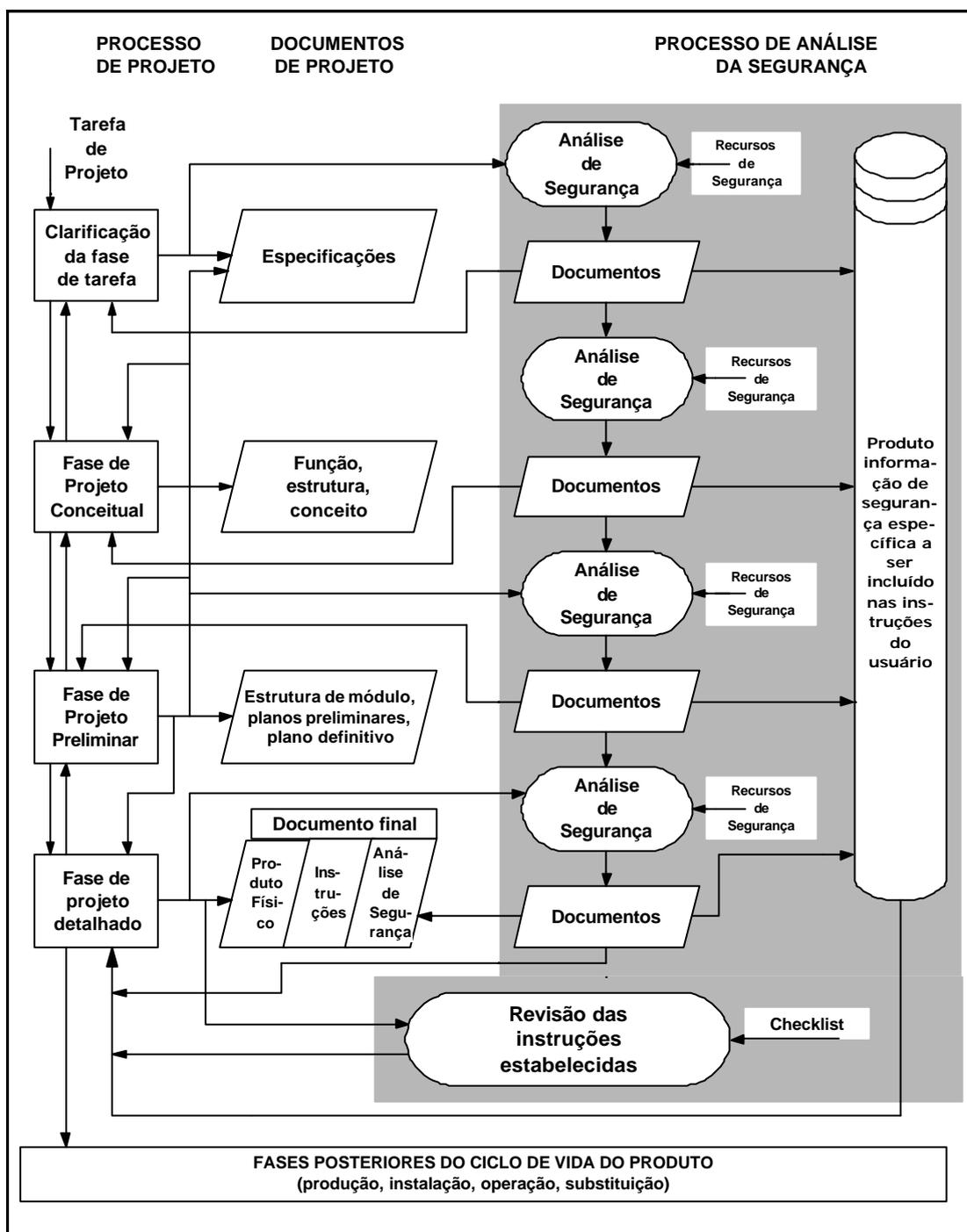
**FIGURA 3.7** – Método para a resolução dos perigos.

Fonte: Main, 1996.

Reunanen (1993), apresentou e discutiu métodos para a análise sistemática da segurança no projeto de produtos e de como aplicar tais métodos nesta análise.

A Figura 3.8 representa a proposta de avaliação para a inclusão de aspectos inerentes à segurança no processo de projeto do produto (Reunanen, 1993). Pelo que é possível notar na Figura 3.8, a aplicação de métodos de análise da segurança são desenvolvidos em cada fase do

processo de projeto antes de ser tomada a decisão de passar à fase seguinte, conseqüentemente, segundo o autor, a profundidade da análise aumenta com o progresso do projeto, sendo que, em cada fase, o resultado da análise de segurança é utilizado para guiar o processo de projeto.



**FIGURA 3.8** – Informações sobre segurança específica do produto a serem incluídas nas instruções do usuário.

Fonte: Reunanen, 1993.

Reunanen (1993) após a realização de quatro estudos de caso testando a metodologia proposta concluiu que, além de ser possível a integração de métodos de análise de segurança nas várias fases do processo de projeto, cerca de 45% dos cenários de acidentes identificados

com a ajuda dos métodos de análise de segurança seriam ignorados nas práticas habituais de projeto. O grande entrave, segundo Reunanen (1993), é o grande consumo de tempo para a aplicação das ferramentas de auxílio ao projeto na área de segurança durante todas as suas fases. Segundo este autor, isto necessita ser reduzido drasticamente. E é pois, com base nesta afirmativa, que acredita-se que o desenvolvimento de ferramentas facilitadoras para o acesso às determinações contidas na legislação, e por consequência, nas NR's, NRR e Normas Técnicas nacionais e internacionais que o problema poderá ser resolvido.

Stoop (1993), em um trabalho sobre a integração de segurança nas fases iniciais do processo de projeto, usando como estudo de caso barcos de pesca, afirma que um programa global de exigências deve ser metodologicamente desenvolvido através das várias fases de projeto até ser produzido um resultado satisfatório. As condições de trabalho formam um novo segmento no processo e são elaborados paralelamente com os outros requisitos de projeto. O resultado final da análise do problema consiste de três itens que são de interesse dos membros da equipe do projeto:

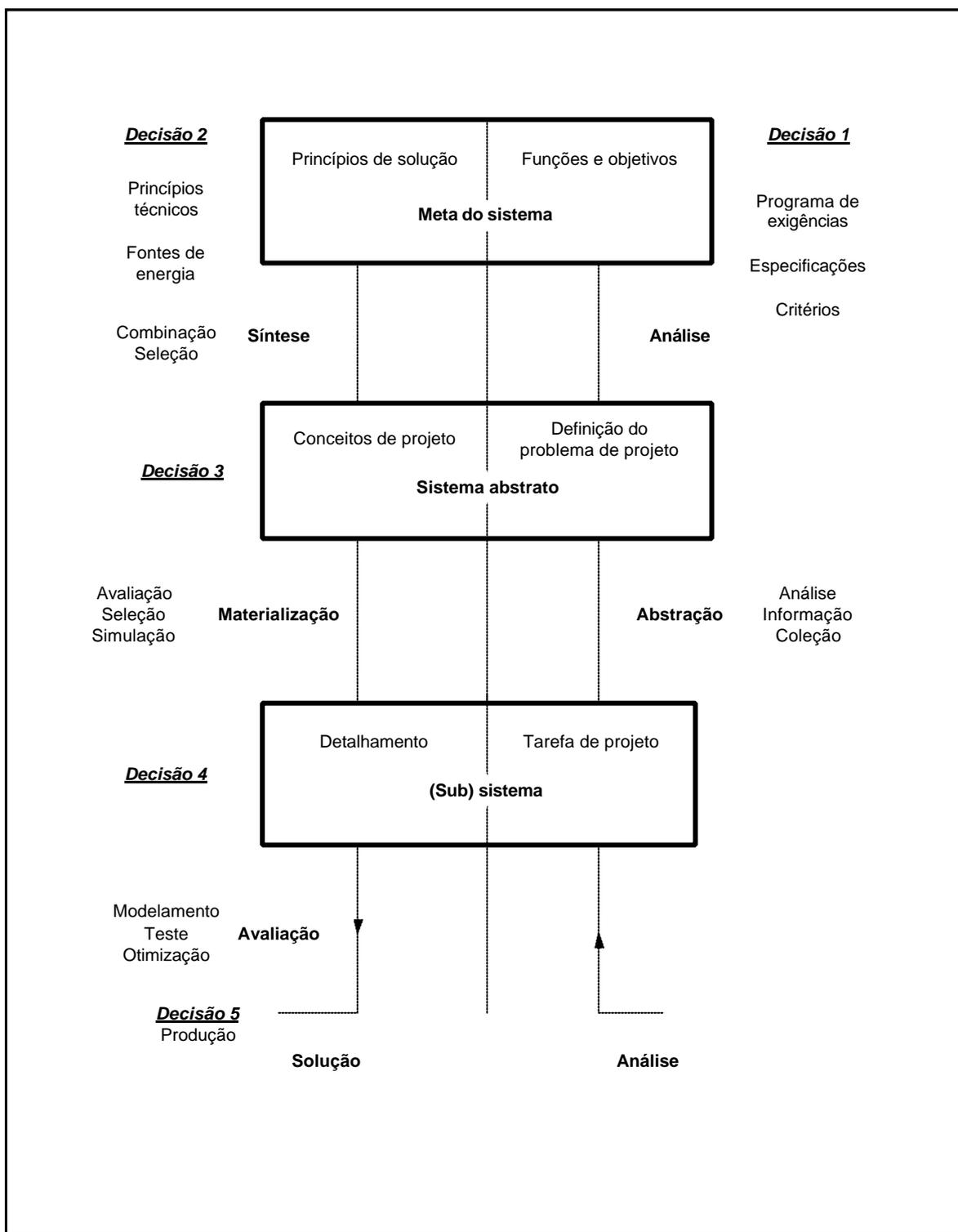
- ☞☞ Uma descrição do problema que é transformado em estudos de caso de segurança e itens pesquisados formando um complexo modelo. Este modelo facilita um desenvolvimento sistemático e coerente do problema no qual efeitos futuros são previsíveis;
- ☞☞ Um programa de exigências integrado no qual são comparados assuntos de saúde e segurança com outras exigências;
- ☞☞ Um programa de pesquisa que ajude aos pesquisadores a desenvolver maior perícia, aumentando sua perspicácia sobre os problemas e lhe aponta melhor avaliação e controle.

A integração da segurança no processo de projeto, segundo Stoop (1993), contém cinco passos principais, sendo que as primeiras decisões definem os níveis atingíveis de segurança para as fases posteriores que só poderão ser influenciadas com grande custo e medidas adicionais. Estas decisões principais que ocorrem paralelamente ao processo de projeto devem ser processadas em uma seqüência de tempo (Figura 3.9). Os principais pontos podem ser localizados no processo de projeto pelo uso de um modelo de sistemas.

Hammer (1993), ao discutir programas para análise da segurança no projeto de produto ressalta que nenhum método de análise, sozinho, é completamente adequado para avaliar os produtos. Por esta razão, é sugerido que sejam desenvolvidas análises de pré e pós-projeto.

A análise de pré-projeto determinará os perigos que poderão estar presentes em um produto a ser desenvolvido e servirá como base para a preparação de especificações e critérios a serem seguidos no projeto, indicará as características indesejáveis do produto, materiais e práticas de projeto a serem evitados, determinar proteções a serem inseridas e estabelecer tes-

tes tentativos a serem desenvolvidos para verificar dispositivos de segurança e aspectos de segurança crítica do produto.



**FIGURA 3.9** – Principais decisões que ocorrem paralelamente ao processo de projeto.

Fonte: Stoop, 1993.

Estudos no estágio de pré-projeto podem determinar precauções específicas que deverão ser observadas e incorporadas no sistema e a conveniência ou não de componentes específicos, *hardwares*, materiais ou a proposição de procedimentos (Hammer, 1993).

As análises de pós-projeto, segundo Hammer (1993), determinam se o projeto foi bem selecionado, se o equipamento foi adequado e se os procedimentos obedeceram às normas e critérios estabelecidos na análise de pré-projeto.

Hammer (1993) propõe a programação das tarefas de segurança pois, o processo de criação de um novo produto é complexo e prolongado, cuja realização poderá ser reduzida através de uma boa programação. Todas as tarefas indicadas não são realizadas simultaneamente e sim programadas para serem realizadas durante o ciclo de vida do produto.

O Quadro 3.2 apresenta as tarefas de segurança mais importantes a serem desenvolvidas em cada fase, definidas por Hammer (1993), durante o ciclo de vida do produto. O autor salienta que para a realização destas tarefas, as responsabilidades devem ser adaptadas à estrutura organizacional e às responsabilidades da empresa (ou seu departamento) envolvida.

Hammer (1993) sugere também uma lista de verificação (Quadro 3.3) para auxiliar os auditores de projeto a determinar a suficiência do papel da administração em um programa de segurança do produto. Isto é muito importante, pois, caso a alta gerência das indústrias, em detrimento de aspectos mais apelativos, como por exemplo custos, não possuir profunda convicção da necessidade do desenvolvimento de produtos seguros, de nada adiantarão os esforços da equipe de projeto.

**QUADRO 3.2 - Programa de Tarefas para Segurança dos Produtos**

<b>Fase de conceito</b>		
1. Revisar previamente produtos semelhantes sobre conotações de segurança.	4. Ajudar os projetistas no planejamento preliminar.	8. Determinar testes de segurança que podem ser necessários para os materiais, componentes, dispositivos de segurança ou operações.
2. Determinar problemas anteriores com produtos semelhantes;	5. Ajudar e participar de estudos do comércio.	9. Fazer a determinação preliminar de dispositivos de segurança que podem ser necessários.
3. Determinar perigos potenciais existentes no produto proposto:	6. Preparar uma análise de perigo preliminar para o conceito aceito.	10. Estabelecer exigências de confiabilidade a serem impostas aos fornecedores e vendedores.
?? Para os usuários e mantenedores.	7. Preparar critérios seguros de projeto:	11. Estimar o impacto do programa de segurança.
?? Para outros equipamentos e instalações.	?? Revisar e incorporar as normas existentes e exigências de certificação.	12. Fazer uma avaliação do risco
?? Para produtos da companhia por sua própria operação.	?? Determinar necessidades adicionais onde as exigências existentes são avanços de estado da arte.	
?? Para produtos da companhia de fontes externas.		
?? Para produto da companhia por causa de falhas.		
<b>Desenvolvimento do processo de avaliação</b>		
1. Coletar informações sobre perigos e proteções.	6. Preparar orçamento para os custos dos programas e equipamentos de segurança.	9. Instruir a equipe da companhia sobre os objetivos e metodologias de segurança do produto.
2. Avaliar os aspectos de segurança das mudanças propostas.	7. Determinar interfaces e informações exigidas para as atividades entre os vários projetistas da equipe e as atividades de segurança dos fabricantes/fornecedores/vendedores.	10. Monitorar programa de segurança durante fases seguintes.
3. Administrar testes de segurança em materiais e componentes.	8. Preparar as regras iniciais do programa de segurança do produto; .	11. Atualizar os critérios de projeto seguros através da incorporação de chances e achados adicionais.
4. Avaliar os testes para determinar a viabilidade do projeto.		12. Estabelecer conexões intra-companhia, com fornecedores, e outras partes interessadas.
5. Preparar plano de aquisição para a Fase de Desenvolvimento de Produto.		

**QUADRO 3.2 (Cont.) - Programa de Tarefas para Segurança dos Produtos.**

<b>Desenvolvimento do produto</b>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Administrar reuniões do Comitê de Segurança do Produto.</li> <li>2. Assegurar que todas as equipes estão familiarizadas com a segurança do produto, com as regras do programa e as responsabilidades de todas as equipes para sua observância.</li> <li>3. Continuar ajudando aos projetistas e outros nos assuntos de segurança.</li> <li>4. Participar dos estudos sobre comercialização, propostas para o projeto detalhado e mudanças sugeridas.</li> <li>5. Preparar análises de segurança.</li> <li>6. Manter os diversos gerentes informados e alertados para qualquer problema de segurança significativo, potencial ou existente, e para qualquer realização de segurança que se faça necessária.</li> <li>7. Determinar se os projetistas estão observando os critérios de projeto seguros. Notificar o pessoal responsável sobre qualquer</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>8. Determinar quais montagens de produtos, componentes, materiais, ou procedimentos são críticos em segurança, de forma que as precauções especiais possam ser consideradas durante a fabricação, teste, montagem, manipulação, remessa e operação.</li> <li>9. Administrar as revisões de segurança do projeto formais.</li> <li>10. Revisar o protótipo e teste planejado para assegurar: (a) que serão satisfatórias as precauções durante os testes para evitar ferimentos ou danos; (b) que serão alcançadas as metas fixadas sobre estes aspectos.</li> <li>11. Estabelecer procedimentos de revisão, para assegurar que as relações homem-máquina são ideais a fim de garantir um produto mais seguro</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>12. Revisar as operações e procedimentos de manutenção antes da publicação assegurar eles são necessários, não envolvam nenhuma tarefa, e contenha, as advertências necessárias.</li> <li>13. Estabelecer meios pelos quais possam ser informados os problemas de projeto. Assegurar que as ações corretivas atingem cada deficiência. Realizar registros.</li> <li>14. Analisar documentos, estudos, resultados de testes e outras informações relacionadas à segurança.</li> <li>15. Assegurar que todas as tarefas e testes requeridos por agências do governo, as normas, códigos ou regulamentos são respeitados e observados.</li> <li>16. Identificar que tipos de segurança, de dispositivos protetores, de equipamentos e advertências devem ser providenciados.</li> <li>17. Com a equipe jurídica assegurar que as advertências são adequadas.</li> </ol>
<b>Empreender Avaliação da Produção</b>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Atualizar análises do protótipo como projetado e construído.</li> <li>2. Avaliar desempenho do protótipo para conotações de segurança.</li> <li>3. Avaliar as mudanças recomendadas por outros.</li> <li>4. Preparar plano para pronta aquisição para atender a Produção e Fases de Operação.</li> <li>5. Meios institucionais para:</li> </ol> <p>?? Informar produção e gerentes de controle de qualidade sobre quais itens são considerados de segurança críticos.</p> <p>?? Assegurar que o pessoal da produção é instruído para não realizar modificações no projeto, de materiais ou de itens críticos de segurança.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>6. Continuar o trabalho de campo sobre a segurança do equipamento, garantindo que exista um relacionamento de assuntos com a equipe de vendas.</li> <li>7. Completar a análise de segurança do projeto.</li> <li>8. Procedimentos institucionais para revisões de segurança e para criar pedidos de mudança.</li> <li>9. Revisar advertências para o produto novo, e instituir controles sobre os vendedores e distribuidores do mesmo.</li> <li>10. Prever contribuições e cursos de treinamento de revisão para os vendedores e distribuidores.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>11. Procedimentos institucionais para receber e processar reclamações, reivindicações, fracassos e relatórios de dificuldade.</li> <li>12. Procedimentos institucionais para registro de garantia de produto (patente).</li> <li>13. Procedimentos institucionais para assegurar que é inspecionado o trabalho das partes de segurança crítica e que eles incluem advertências que também deverão estar nas partes originais.</li> <li>14. Assegurar que as informações sobre itens que são de segurança crítica são conhecidos pela produção e departamentos de controle da qualidade.</li> </ol>

Fonte: Adaptado de Hammer, 1993.

**QUADRO 3.2 (Cont.) - Programa de Tarefas para Segurança dos Produtos**

<b>Produção</b>		
1. Assegurar que a produção e os gerentes de controle da qualidade e as equipes estão dando especial consideração a esses itens que são de segurança crítica. 2. Assegurar que a equipe da produção não está fazendo nenhum projeto que altere os itens de segurança críticos sem a avaliação da equipe de segurança. 3. Assegurar que a inspeção e testes de falhas sobre itens de segurança crítica estão sendo informados à equipe de segurança. 4. Assegurar que as etiquetas de advertência estão no equipamento e em partes e que de fato, estes são os locais adequados.	5. Analisar reclamações do cliente e informações sobre problemas de campo para conotações de segurança. Recomendar modificações onde seguramente podem ser melhoradas. Assegurar que a ação corretiva é implementada onde existirem deficiências. Assegurar que são realizados os registros das ações implementadas. 6. Assegurar a inspeção de cada lote e que são realizados registros de controle de qualidade. 7. Assegurar que os fornecedores e vendedores conhecem critérios de segurança para partes e montagens.	8. Suprir o Pessoal do Serviço de Campo (e clientes quando necessário) com boletins que: ?? Os faça lembrar de perigos potenciais e precauções a serem observadas. ?? Os alerte sobre problemas potenciais recentemente determinados e medidas corretivas. ?? Os aconselhe sobre as novas disponibilidades ou melhorias dos dispositivos de segurança.
<b>Operações e suporte</b>		
1. Assegurar que cópias do problema de campo informado e que as reclamações do cliente são repassadas à equipe de segurança para avaliação. 2. Providenciar ajuda para o serviço do pessoal de campo da companhia e para o cliente em problemas de segurança potenciais, fracassos de itens de se-	gurança crítica ou investigações de acidentes. 3. Realizar visitas de campo aos clientes ou representantes para assegurar que as operações estão sendo administradas como o estipulado em procedimentos e manuais.	4. Visitar o cliente para determinar se ele modificou o produto ou se o tem usado de forma não correta, mesmo que de modo não intencional.

Fonte: Adaptado de Hammer, 1993.

### **3.3.1 – Normas técnicas específicas para o processo de projeto**

As normas técnicas EN 292-1 (1991) e EN 292-2 (1991) foram produzidas para ajudar os projetistas, fabricantes e outros interessados a interpretar as exigências de segurança de maquinaria. Portanto, seu propósito básico é apresentar aos projetistas, fabricantes e outros, um embasamento global e orientações que permitam aos mesmos produzir máquinas seguras para o uso planejado para elas.

A EN 292-1 (1991) define a terminologia básica e especifica métodos gerais com foco na segurança do projeto e fornece a representação esquemática da estratégia utilizada para selecionar as medidas de segurança a serem adotadas pelos projetistas (Figura 3.11).

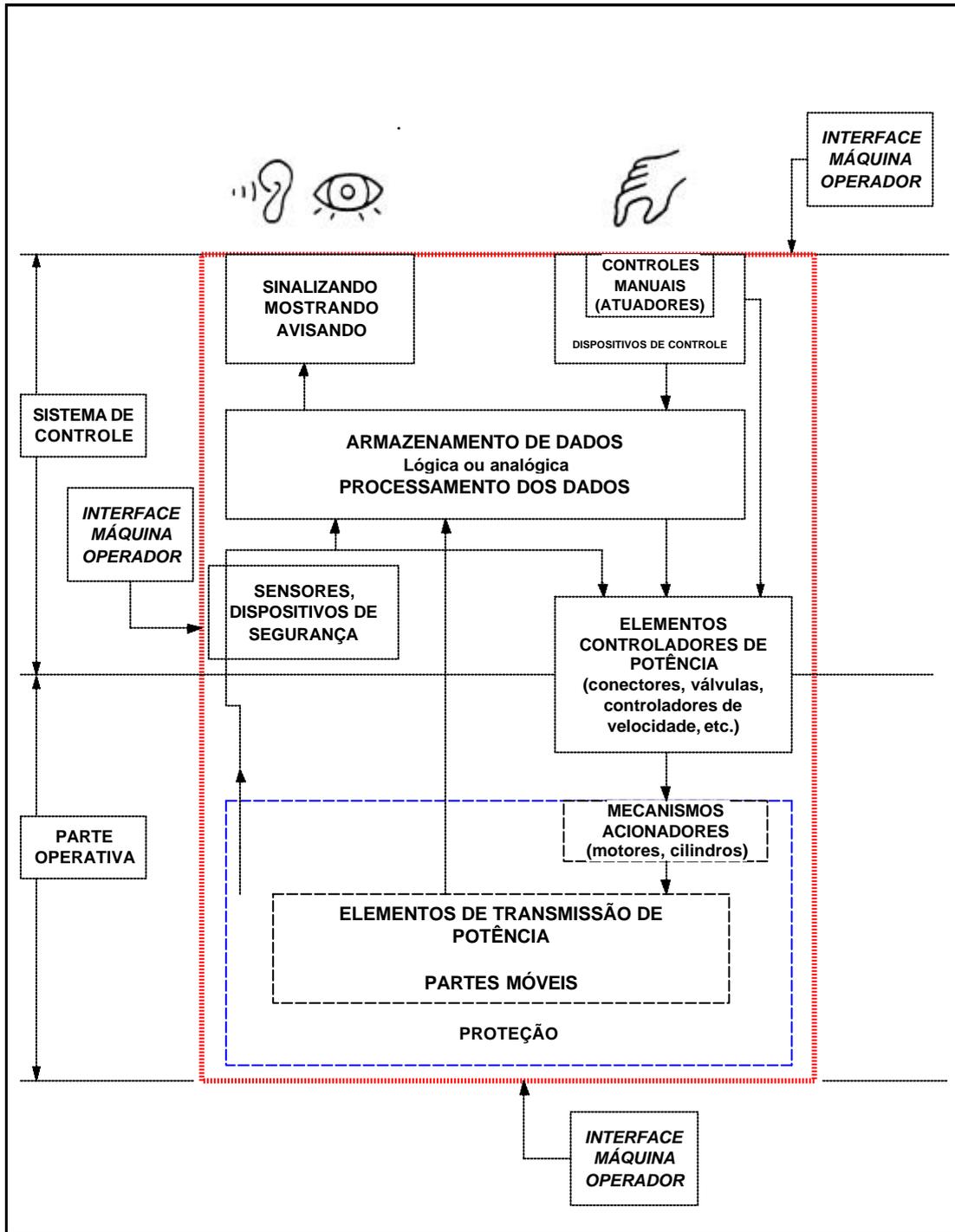
A EN 292-2 (1991) trata dos princípios técnicos e especificações de segurança da maquinaria, ou seja, define conceitos básicos, princípios gerais para projeto (Princípios técnicos e especificações), fornecendo orientações de como podem ser aplicadas as técnicas disponíveis.

**QUADRO 3.3** – Lista de verificação da administração.

<b>Lista de Verificação da Administração</b>	
1.	O executivo principal emitiu determinações (normas) que determinam sua política ou a da indústria para a segurança do produto?
2.	As determinações (normas) designam um gerente geral para ser responsável pela segurança do produto e perda do controle das atividades?
3.	É adequada a autoridade deste gerente para conduzir efetivamente as funções?
4.	É experimentada ou capacitada em segurança do produto e controle das atividades ou há alguém em que se possa confiar? Quem é?
5.	A equipe de segurança do produto é grande e experimentada o suficiente para controlar qualquer problema que poderá surgir?
6.	As determinações (normas) do executivo principal indicam as funções e responsabilidades de cada equipe dentro da companhia e de como eles se relacionam com a segurança do produto?
7.	Quais meios serão utilizados para monitorar as tarefas do programa de segurança do produto?
8.	Existem, como base, procedimentos utilizados por outras companhias habitualmente envolvidas com atividades de segurança do produto, circulando entre os responsáveis para informá-los sobre assuntos pertinentes?
9.	Existe um bom método como roteiro para ser relacionado à segurança do produto e está circulando entre todos os interessados?
10.	Existe orçamento adequadamente fundamentado, programado e preparado para as atividades de segurança do produto, como parte das funções operacionais normais?
11.	Existe na companhia um Comitê de Segurança do Produto, no qual todas as equipes serão representadas por no mínimo um representante em nível de administração, que se encontra periodicamente e seus esforços são efetivos?
12.	Há um Comitê de Segurança de Produto para cada linha de produto?
13.	O Comitê de Segurança do Produto, para as diversas linhas, realiza revisões do projeto do produto; têm ação direta nos Relatórios de Perigos Potenciais; e aponta ações a seus membros?
14.	Existem e estão sendo executados procedimentos para desenvolver Relatórios de Perigos Potenciais geradores e obtenção de ações corretivas?
15.	O executivo principal informa sobre o progresso dos programas de segurança e sobre qualquer deficiência?
16.	Existe e foi estabelecido um procedimento pelo qual os relatórios de deficiências de campo e reclamações do cliente relativo a segurança será controlada?
17.	Existe e foi estabelecido um procedimento através do qual, caso se faça necessária ação de <i>recall</i> de qualquer produto da companhia, a mesma possa ser implementada com eficiência?
18.	Existem cursos de treinamento estabelecidos, para todas as equipes, a fim de lhes ensinar as funções eles têm que transmitir para os membros externos e internos e também para poder coordenar o programa de segurança do produto?
19.	O controle das atividades de segurança do produto se estende a compras de materiais, componentes, e montagens dos fornecedores e vendedores?
20.	Os contratos ou acordos de compra exigem dos fornecedores e vendedores que informem aos compradores sobre qualquer perigo potencial envolvido no uso do produto adquirido?
21.	As garantias foram revisadas e aprovadas através de deliberação legal?

Fonte: Adaptado de Hammer, 1993.

Segundo a EN 292-1 (1991), “máquina” pode ser representada (Figura 3.10) como sendo formada por duas partes principais (sistema de controle e parte operativa) que, quando em funcionamento e/ou manutenção principalmente, permanece em contato contínuo com o ser humano.



**FIGURA 3.10** – Representação esquemática geral de uma máquina

Fonte: EN 292-1 , 1991.

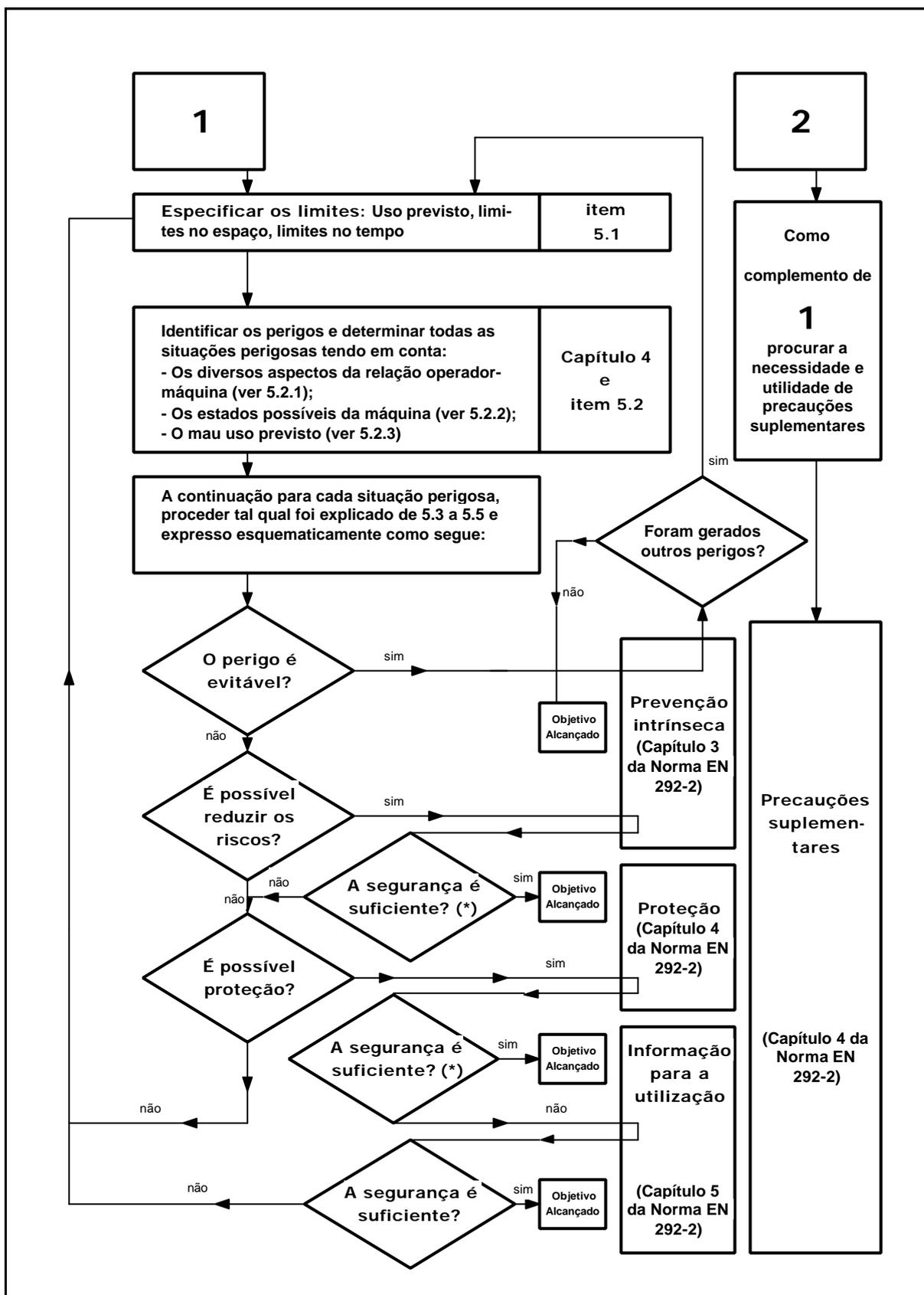


FIGURA 3.11 - Representação esquemática da estratégia para seleccionar as medidas de segurança adotadas pelo projetista.

Fonte: EN 292-1, 1991.

### 3.3.2 – Normas técnicas

Atualmente, muitas são as informações sobre fatores inerentes à segurança, ergonomia e bem estar humano descritas em normas técnicas, homologadas e publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), European Committee for Standardization (EN), International Organization for Standardization (ISO) e pelo American National Standards Institute (ANSI/ASAE), dentre outros.

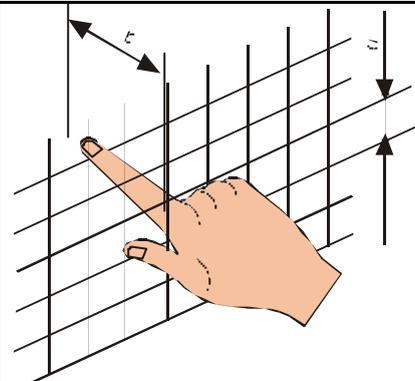
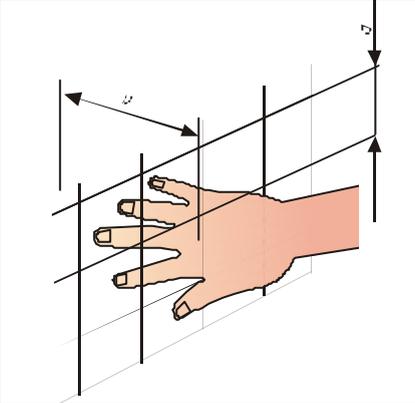
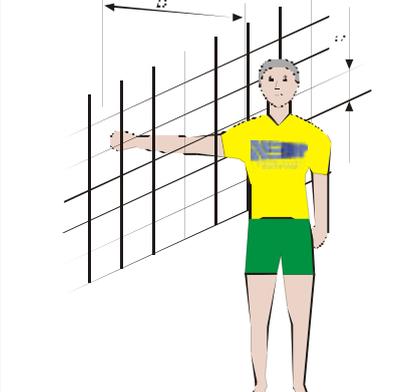
Algumas destas normas, porém muito poucas, como por exemplo a EN 292-1 (1991) “*Safety of machinery – Basic concepts, general principles for design – Part 1: Basic terminology, methodology*” e a EN 292-2 (1991) “*Safety of machinery – Basic concepts, general principles for design – Part 2: Technical principles and specifications*”, apresentam informações, conceitos e determinações que poderão ser levadas em consideração nas fases *informacional* e *conceitual* do projeto.

Porém, em sua grande maioria, as normas foram feitas para serem usadas nas fases de projeto preliminar e detalhado. Como exemplos tem-se: BS EN 1553 (2000) “*Agricultural machinery – Agricultural self-propelled mounted, semi-mounted and trailed machines – Common safety requirements*”; prEN 12965 (2000) “*Tractors and machinery for agriculture and forestry – Power take-off (PTO) drive shafts and their guards for – Safety*”; EN 1152 (1994) “*Tractors and machinery for agriculture and forestry – Guards for power take-off (PTO) drive shafts – Wear and strength tests*”; EN 547 – 1 (1996) “*Safety of machinery – Human body measurements – Part 1: Principles for determining the dimensions required for openings for whole body access into machinery*”; EN 547 – 2 (1996) “*Safety of machinery – Human body measurements – Part 2: Principles for determining the dimensions required for access openings*”; EN 547 – 3 (1996) “*Safety of machinery – Human body measurements – Part 3: Anthropometric data*”; EN 614-1 (1995) “*Safety of machinery – Ergonomic design principles – Part 1: Terminology and general principles*”; EN 632 (1995) “*Agricultural machinery – Combine harvesters and forage harvesters– Safety*”; NBR ISO 4252 (2000) “*Tratores agrícolas – Local de trabalho do operador, acesso e saída – Dimensões*”; NBR ISO 4254-1 (1999) “*Tratores e máquinas agrícolas e florestais – Recursos técnicos para garantir a segurança – Parte 1 – Geral*”; NBR ISO 4254-3 (2000) “*Tratores e máquinas agrícolas e florestais – Recursos técnicos para garantir a segurança – Parte 3 – Tratores*”; ISO 3600 (1996) “*Tractors, machinery for agriculture and forestry, powered lawn and garden equipment – Operator’s manuals – Content and presentation*”; ISO 4254-5 (1992) “*Tractors and machinery for agriculture and forestry – Technical means for ensuring safety – part 5: power-driven soil-working equipment*”; ISO 4254-6 (1996) “*Tractors and machinery for agriculture and forestry – Technical means for ensuring safety – part 6: equipment for crop protection*”;

ISO 4254-9 (1992) “Tractors and machinery for agriculture and forestry – Technical means for ensuring safety – part 9: equipment for sowing, planting and distributing fertilizers”; ISO 11684 (1995) “Tractors, machinery for agriculture and forestry, powered lawn and garden equipment – Safety signs and hazard pictorials – General principles”;

A Figura 3.12 ilustra o exposto anteriormente, ou seja, que na maioria dos casos as normas fornecem diretrizes a serem cumpridas nas fases de projeto preliminar e detalhado.

Um dos desafios deste trabalho será como interpretar estas informações e utilizá-las nas fases de projeto *informacional* e *conceitual*.

Membro	Ilustração	Largura da abertura (diâmetro ou comprimento lateral), a (mm)	Distância de segurança até a fonte de perigo, b (mm)
Ponta do dedo		$4 < a \leq 8$	$b \leq 15$
Dedo		$8 < a \leq 25$	$b \leq 120$
Mão		$25 < a \leq 40$	$b \leq 200$
Braço		$40 < a \leq 250$	$b \leq 850$

**FIGURA 3.12** – Dimensões do alcance através de telas ou grades.

Fonte: NBR ISO 4254-1 (1999).

### 3.4 – FERRAMENTAS DE AUXÍLIO AO PROJETO

A preocupação com os elevados custos econômicos e sociais das falhas e acidentes ocorridos com produtos e sistemas aeroespaciais foi o que motivou e incrementou a pesquisa de equipamentos com altos níveis de segurança. Foram desenvolvidos rígidos padrões de qualidade para os componentes fornecidos e para a manutenção dos sistemas. Paralelamente a isto, técnicas que permitissem uma prevenção eficaz antes da entrada em funcionamento do sistema foram sendo desenvolvidas; a segurança deixou de ser uma prática esporádica e tornou-se uma atividade sistemática, cuidadosamente desenvolvida desde o início da concepção do projeto até sua obsolescência, passando pelo detalhamento, reavaliação, testes, fabricação, armazenamento, entrega, operação e manutenção, entre outros. A complexidade dos sistemas e a variedade de situações em que estes se encontravam durante o seu ciclo de vida tornaram necessária a utilização de técnicas e procedimentos, qualitativos e quantitativos, para identificação, análise e controle de perigos que também podem ser de grande utilidade ao projeto de máquinas agrícolas mais seguras.

Mesmo sabendo-se de antemão que elas não serão utilizadas na *metodologia para a concepção de máquinas agrícolas seguras*, neste item serão descritas, a título de enriquecimento deste trabalho, algumas das ferramentas de projeto existentes e que são por outros autores utilizadas no projeto para a segurança do produto.

São elas:

#### 3.4.1 – Análise preliminar de perigo (PHA)

A análise preliminar de perigo é o estudo realizado durante a fase de concepção ou desenvolvimento inicial (projeto conceitual) de um sistema que possui por objetivo determinar os perigos que poderão estar presentes na fase operacional do mesmo. É de especial importância na análise de sistemas sem similares (Main & Ward, 1992), que por suas características de inovação não apresentam um histórico de perigos bem definido. Apresenta-se portanto, como uma *revisão superficial de problemas gerais de segurança*, condicionada pela carência de informações neste estágio do projeto, cuja definição e crescente complexidade exigem, posteriormente, análises mais detalhadas com utilização de outros métodos.

#### 3.4.2 – Análise dos modos de pane e seus efeitos (FMEA)

Segundo NBR 5462 (1994), “a análise dos modos de pane e seus efeitos é um método qualitativo de análise de confiabilidade que envolve o estudo dos modos de panes que podem existir para cada subitem, e a determinação dos efeitos de cada modo de pane sobre os outros subitens e sobre a função requerida do item”.

A FMEA é uma técnica de análise (qualitativa o quantitativa) detalhada que permite estudar como podem falhar os componentes de um equipamento ou sistema e estimar as taxas de falha, os efeitos e as modificações do projeto que podem aumentar a segurança do sistema.'

A FMEA não favorece a compreensão e visualização das múltiplas relações entre as falhas dos componentes, para isso a Análise da Árvore de Falhas é uma ferramenta mais apropriada.

### 3.4.3 – Análise da árvore de panes (FTA)

Análise, apresentada na forma da árvore de panes, para determinar quais modos de pane de subitens, quais eventos externos ou quais combinações destes modos e eventos podem resultar em um dado modo de pane de um item (NBR 5462, 1994).

A Análise da Árvore de Falhas<sup>1</sup> (FTA – *Fault Tree Analysis*) é, segundo Sakurada (2001), bastante utilizada na área da confiabilidade, junto à Análise do Modo de Falhas e seus Efeitos<sup>2</sup> (FMEA – *Failure Mode and Effects Analysis*). O FMEA é utilizado para uma análise local, onde se procura determinar os modos de falha dos componentes e de que maneira afetam os níveis superiores do sistema (*Bottom up*), e o FTA, ao contrário do FMEA, é usado para análise global, onde parte das prováveis falhas do sistema (evento-topo) e chega-se nas falhas dos componentes (*Top down*). Estas ferramentas permitem obter uma série de outras informações como: as causas, o grau de criticalidade da falha, o índice de ocorrência, entre outras.

### 3.4.4 – Diagrama de Mudge

A valoração, isto é, a classificação dos requisitos dos clientes em ordem de importância, segundo Reis (2001) é fundamental na aplicação do QFD. Segundo Mirshawka & Mirshawka Júnior (1994), nenhuma outra parte da matriz da casa da qualidade tem mais importância no resultado do processo que os valores atribuídos aos requisitos dos clientes. Dessa forma, é necessário tratar-se o assunto muito criteriosamente. Ullman (1992) afirma que os requisitos dos clientes devem ser comparados aos pares a fim de que, ao final da comparação, possa-se conhecer a sua importância relativa. A ferramenta empregada para implementar essa

---

<sup>1</sup> Autores como Dias (1996) e Sakurada (2001) definem FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) como Análise do Modo de Falhas e seus Efeitos e FTA (Fault Tree Analysis) como Análise da Árvore de Falhas. A NBR 5462 (1994) afirma que falha é o término da capacidade de um item desempenhar a função requerida, sendo que, depois da falha, o item tem uma pane. A falha é um evento, diferente de pane que é um estado. Já pane, segundo a NBR 5462 (1994) é o Estado de um item, caracterizado pela incapacidade de desempenhar uma função requerida, excluindo a incapacidade durante a manutenção preventiva ou outras ações planejadas, ou pela falta de recursos externos. Ou seja, uma pane é normalmente resultado de uma falha de um item, mas pode existir sem uma falha anterior. Logo, segundo Dias (2003), a FMEA e FTA não são adequadas para análise de pane mas sim análise de falha.

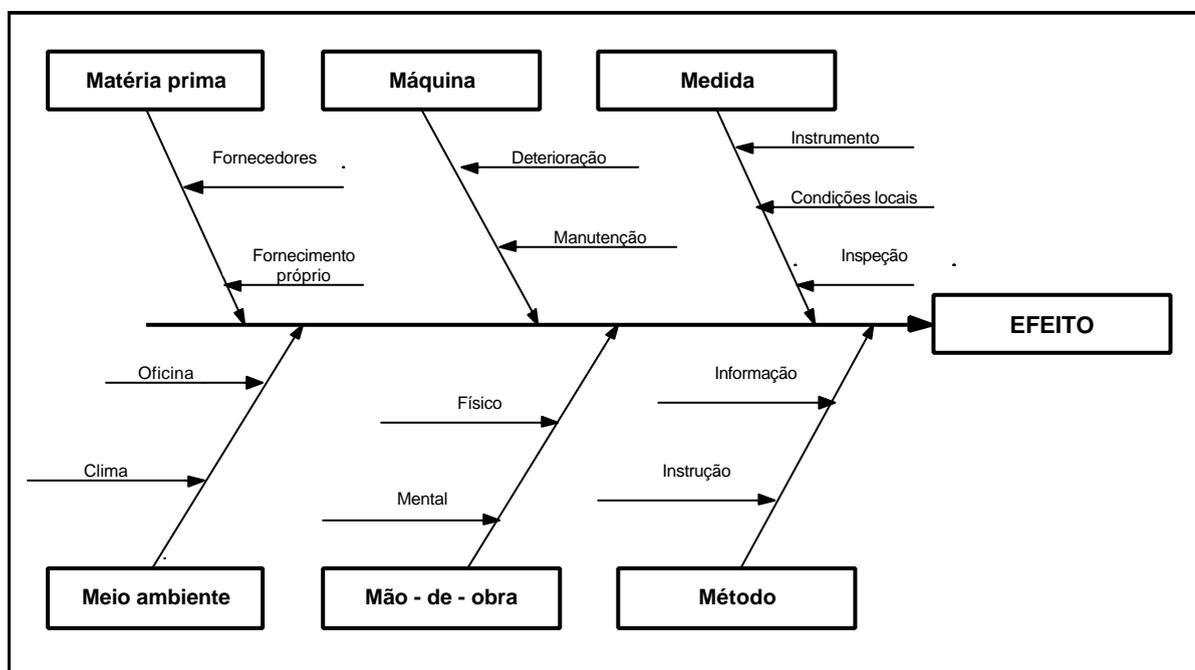
comparação é o diagrama de Mudge, que era o de comparar funções de um produto dentro da técnica de análise de valor (Reis, 2001).

É uma ferramenta extremamente importante e útil, porém, como parte-se neste trabalho do pressuposto de que os aspectos de segurança que devem ser incorporados ao processo de projeto são *determinações legislativas* e portanto *restrições de projeto* julga-se, na *metodologia para a concepção de máquinas agrícolas seguras*, desnecessária a hierarquização destas restrições visto que todas deverão ser consideradas e inseridas no projeto do produto.

### 3.4.5 – Diagrama de Ishikawa

O diagrama de Ishikawa, segundo Sakurada (2001), foi desenvolvido por Kaoru Ishikawa e é também conhecido como diagrama de “Causa e Efeito”, ou então, diagrama “Espinha de Peixe”. É uma ferramenta de fácil utilização, permitindo abordar problemas simples e complexos em diversas áreas.

O Diagrama Causa e Efeito apresenta a relação entre uma característica de qualidade (efeito) e os seus fatores (causas). Algumas vezes o número de fatores (causas) pode ser muito elevado. Nestes casos, como a análise de um processo, as causas são organizadas em famílias que podem ser: matérias primas, máquinas, aspectos de segurança, medidas, meio-ambiente, mão-de-obra, método (Figura 3.13).



**FIGURA 3.13** – Diagrama de Ishikawa comum.

Fonte: Sakurada, 2001.

Na construção do Diagrama Causa e Efeito os seguintes passos devem ser seguidos:

- ✍✍ Estabelecer o efeito (característica) da qualidade;
- ✍✍ Encontrar o maior número possível de causas que podem afetar o efeito da qualidade;

- ✎✎ Definir as relações entre as causas e construir um diagrama de causa e efeito, ligando os elementos com o efeito da qualidade por relações de causa e efeito;
- ✎✎ Estipular uma importância para cada causa e assinalar as causas particularmente importantes, que pareçam ter um efeito significativo na característica da qualidade;
- ✎✎ Registrar quaisquer informações necessárias.

Este procedimento, segundo Sakurada (2001), é caracterizado pela execução de duas atividades diferentes: o levantamento de maior quantidade possível de causas e o arranjo das causas de forma sistemática.

Muitas vezes a maior dificuldade está em alocar uma determinada causa. No entanto, isto deve ser significativo, porque o importante é lembrar e registrar a causa.

Para o levantamento das causas é necessária uma discussão franca e aberta, e um método efetivo de condução da reunião com este objetivo é o *Brainstorming*.

Um Diagrama de Ishikawa, segundo Sakurada (2001), não necessariamente necessita seguir a estrutura apresentada. Contudo, sua representação ajuda a equipe de análise a organizar as relações entre as causas e os efeitos decorrentes.

### 3.4.6 – Brainstorming

Brainstorming é um método intuitivo de geração de soluções que, segundo Back & Forcellini (1997), consiste no seguinte:

- ✎✎ Um coordenador formula convite a um grupo de pessoas para participar de uma reunião de trabalho para sugerir soluções para um determinado problema. O número de pessoas pode variar, mas o recomendado é um mínimo de cinco e um máximo de dez pessoas;
- ✎✎ A formação das pessoas deve ser diversa;
- ✎✎ O tempo de reunião deve ser entre 30 e 50 minutos;
- ✎✎ A reunião deverá ter um coordenador e ser organizada de modo que o registro das sugestões seja garantida.

As seguintes normas, segundo Back & Forcellini (1997), deverão ser seguidas durante a reunião:

- ✎✎ Evitar qualquer crítica ou avaliação prematura sobre soluções apresentadas, mesmo que inicialmente possam parecer absurdas;
- ✎✎ Procurar o maior número de soluções possíveis, quantidade acima da qualidade;
- ✎✎ Pensar de forma extravagante, de tal forma que surjam idéias diversas, sem que haja direito de autoria e sim um resultado do grupo de trabalho.

Segundo Back & Forcellini (1997), este método pode ser usado em qualquer fase de desenvolvimento do produto, não sendo recomendado para problemas muito especializados, mas sim para encontrar novas soluções de problemas mais gerais.

### **3.4.7 – Primeira matriz da casa da qualidade (QFD)**

A técnica do QFD (Quality Function Deployment), também chamada de Desdobramento da Função Qualidade, Casa da Qualidade, Voz do Cliente, Engenharia Voltada para o Cliente, Planejamento Matricial do produto, Matriz de Decisão, pode ser entendida, segundo Back & Forcellini (1997), como um mapa conceitual que permite um planejamento interfuncional e comunicativo entre os setores responsáveis pelo desenvolvimento do produto em todas as suas etapas. Em suma, é uma ferramenta bastante eficiente para transladar as vontades dos clientes (de natureza essencialmente abstrata) em metas de projeto (de natureza quantitativa). O QFD é uma ferramenta que assegura a qualidade ainda na fase de projeto.

Pelas mesmas razões descritas no item 3.4.4, não será utilizada na *metodologia para a concepção de máquinas agrícolas seguras*.

### **3.4.8 – Análise dos modos de pane, seus efeitos e sua criticidade<sup>2</sup> (FMECA)**

Segundo a NBR 5462 (1994) é a análise dos modos de falha e seus efeitos, em conjunto com uma avaliação da probabilidade de ocorrência e do grau de criticidade das falhas.

Segundo Dias (2003), a Análise do Modo de Falha, Efeito e Criticidade – FMECA, permite detalhar a análise da causa raiz do item que foi identificado como o mais crítico na Árvore de Eventos, não sendo necessário realizar esta operação para todos os elementos do ramo da árvore. A FMECA permite traçar cenários para cada conceito do produto e inclusive visualizar a severidade, frequência e detecção da falha, e, às vezes, permite diferenciar o perigo latente do perigo ativo. As informações do FMECA são também importantes para visualizar o produto na etapa de utilização, principalmente, na operação, manutenção e também no descarte.

### **3.4.9 – Técnica de incidente crítico (CTI)**

As técnicas de análise descritas anteriormente partem do princípio de que sejam conhecidos os perigos presentes em determinado sistema. No entanto, isto só tem sido possível, na grande maioria dos casos, após a ocorrência de acidentes. Segundo Hammer (1993), grande parte dos atuais esforços na Segurança do Trabalho estão baseados em avaliações pós-fato

---

<sup>2</sup> Autores como Dias (1996) e Sakurada (2001) Definem FMECA (Failure mode, Effects and Criticality Analysis) como Análise dos Modos de Falha, seus Efeitos e sua Criticidade.

das causas produtoras de acidentes. As tentativas para controlar esses acidentes e suas consequências podem ser mais bem descritas como “tentativa e erro”, principalmente porque as medidas adequadas de eficiência desse controle não existem na prática.

Torna-se necessário, portanto, procurar novas formas de identificação e de avaliação dos perigos antes que os acidentes ocorram. Um método de pesquisa, relativamente novo, que tem se mostrado útil para a identificação de condições ambientais inseguras e do mau funcionamento do equipamento é a Técnica de Incidentes Críticos (CTI).

Portanto, a CTI é uma técnica para avaliação operacional. Ou seja, a partir dos *incidentes* tomam-se atitudes para modificar o produto, criar procedimentos, implementar cursos de capacitação, para evitar a repetição do incidente porque ele pode levar ao acidente. Contudo, este é um caso onde o produto já existe, caracterizando reprojeto do produto. Mesmo assim, entende-se que o registro dos incidentes pode formar um banco de dados importante para futuros projetos.

#### **3.4.10 – Listas de verificação e questionários estruturados**

A utilização de *Listas de Verificação* e/ou *Questionários Estruturados* é um dos meios válidos e efetivos para detectar características perigosas ou diversos outros problemas de segurança que poderão existir em um produto ou em sua operação, de determinar se foram instituídos controles e assegurar que o projeto atingirá as metas estipuladas. As *Listas de Verificação* e os *Questionários Estruturados* ajudam aos projetistas a não incorporar características adversas no produto e, aquelas que não podem ser evitadas ou eliminadas, a serem providas com proteções satisfatórias. Estas listas e questionários são meios efetivos de ativação da memória de projetistas, analistas ou revisores, pois podem guiá-los através de boas técnicas de engenharia, especificações e códigos ou especificações normativas específicas.

Em algumas circunstâncias, esta é uma ferramenta que será utilizada na *metodologia para a concepção de máquinas agrícolas seguras*.

### **3.5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A utilização de metodologias de projeto, via de regra, garante a funcionalidade do produto através do cumprimento da função principal. É pois sobre esta função principal que são configuradas as soluções do projeto e, por isto mesmo, aspectos como segurança ficam em um plano secundário em relação ao cumprimento da função principal.

A correta definição da lista de requisitos é a primeira e mais importante decisão em termos de segurança no projeto, pois irá orientar o desenvolvimento do mesmo, visando eliminar ou limitar os perigos presentes no produto. As atuais metodologias, mesmo as que se

dedicam à segurança, não abordam como definir os requisitos específicos para tal pois, inexistem roteiros ou procedimentos capazes de identificar as necessidades do consumidor em relação à segurança, que nem sempre são óbvias, a fim de transformá-las em requisitos de projeto para aperfeiçoar a segurança dos produtos. Sobre este aspecto, segundo Carpes Júnior (2001), “existe uma contradição nas metodologias de projeto: dizem que é importante a segurança, durante determinada fase ou durante todo o projeto, mas não dizem como inseri-la de fato”.

Os métodos para o projeto de produtos seguros possuem estruturas semelhantes, onde primeiramente é realizada a identificação dos perigos ou potenciais problemas que podem gerar acidentes a fim de posteriormente propor soluções. Estes métodos, além de não analisar perigos e estimar riscos, também não geram requisitos de projeto a fim de orientar o processo de projeto como um todo.

Situação semelhante também ocorre com as ferramentas de auxílio ao projeto que, em sua grande maioria, foram desenvolvidas para utilização nas fases de projeto preliminar e detalhado. O grande entrave porém, segundo Reunanen (1993), é o grande consumo de tempo para aplicação das ferramentas de auxílio ao projeto, sendo necessário segundo o autor, reduzi-lo drasticamente. Autores como Main & Ward (1992) também citam que a grande dificuldade é o “como” utilizá-los e como formalizar ou explicitar métodos que possam ser parte integrante do processo de projeto, baseados na avaliação dos perigos e no controle de suas possíveis conseqüências.

# Capítulo 4 — FATORES DE INFLUÊNCIA NA SEGURANÇA DE PRODUTOS

## 4.1 – INTRODUÇÃO

Este capítulo possui por objetivo desenvolver um estudo sobre as principais causas de incidentes<sup>1</sup> e acidentes<sup>1</sup>, visando identificar os elementos que poderão estar relacionados à ocorrência dos mesmos. Através da identificação de alguns destes elementos, buscou-se compreender como isto se relaciona e contribui para que os mesmos ocorram.

Para tal, com o objetivo de apontar caminhos para a prospecção de requisitos de usuário e de projeto, além de já definir alguns, estudou-se as teorias mono e multi causais de acidentes, confiabilidade na interação homem-máquina, considerações sobre o sistema sensível humano, erro humano, aspectos de ergonomia e segurança no projeto e utilização de máquinas agrícolas, algumas diretrizes para o projeto de produtos seguros e comentários finais (definição de algumas diretrizes para serem utilizadas em metodologia de projeto para a segurança em máquinas agrícolas).

## 4.2 – TEORIAS MONO E MULTI CAUSAIS DE ACIDENTES

Segundo Carpes Júnior (2001), a palavra acidente está ligada à idéia de acaso ou imprevisto. Nas primeiras discussões sobre acidentes de trabalho, estes foram associados a "casualidade" ou "fatalidade", sendo considerados consequência natural e irremediável das atividades humanas. Dessa concepção se originou o conceito de "risco profissional" e que, neste trabalho, em algumas circunstâncias, serão chamados de "perigos". Esse conceito criou as ações de caráter reparatório ou compensatório, visando limitar a gravidade dos acidentes e suas consequências, em vez de eliminá-los.

As teorias mono causais procuram identificar uma causa única e fundamental para a ocorrência do acidente, a qual está presente no indivíduo ou no meio que o cerca. Existem três

---

<sup>1</sup> **ACIDENTE**: *s.m.* Fato acidental, acontecimento casual; acaso; disposição variada do terreno; *desastre*, *desgraça*, *peripécia*; acesso repentino de doença; vertigem; síncope. **INCIDENTE**: *adj.* 2 gêns. Que incide; superveniente; *s.m.* fato que sobrevém; *circunstância* acidental; *episódio* (Fernandes et al., 1993).

abordagens tradicionais para as teorias mono causais: culpabilidade, predisposição aos acidentes e acidentabilidade (Lima, 1985).

Na abordagem da culpabilidade, os acidentes são explicados como resultado de uma falta (culpa, negligência, imprudência ou imperícia) dos indivíduos (trabalhador, empregador ou fabricante do equipamento) na execução de suas funções (Brasil, 1994). Essa abordagem é utilizada judicialmente sob a idéia de responsabilidade profissional e tende a considerar os acidentes como fatos isolados, decorrentes de atitudes ou ações incorretas dos indivíduos em relação a um padrão estabelecido. Porém a ocorrência de acidentes, sem a ocorrência de ações incorretas, anula esta abordagem (Carpes Júnior, 2001), como por exemplo, a falha de um componente de um equipamento que resulta em um acidente.

Alguns pesquisadores, segundo Carpes Júnior (2001), procuraram explicar a ocorrência de acidentes através da existência de características próprias de alguns indivíduos através da psicologia. Esta abordagem explica por que a maioria dos acidentes ocorre com uma pequena parcela de acidentados. A abordagem da predisposição a acidentes é refutável por sua inconsistência metodológica e pela impossibilidade de explicar grande parte dos acidentes.

A abordagem da acidentabilidade propõe o termo "acidentabilidade" para indicar a tendência individual a sofrer acidentes. Esta abordagem, conforme Carpes Júnior (2001), se deu sob a influência da administração científica, mais especificamente, sob influência conjunta do taylorismo e do behaviorismo. No taylorismo, o projeto do trabalho é realizado sobre características humanas, determinadas a partir dos estudos de tempos e movimentos, sem considerar o executor efetivo da tarefa. O behaviorismo considera que o indivíduo possui uma estrutura comportamental determinável e controlável por fatores externos. Na abordagem da acidentabilidade, os acidentes ocorrem devido ao fato das características individuais não estarem de acordo com o perfil exigido para o posto de trabalho ocupado, considerando o acidente uma relação direta entre o perfil do trabalhador e a tarefa que ele realiza. Esta abordagem é refutada por vários autores, dentre eles Iida (1993) e Corrêa & Ramos (2003), ao comprovarem que mesmo trabalhadores qualificados e experientes estão sujeitos a acidentes.

Carpes Júnior (2001) afirma que as teorias multi causais consolidaram-se na década de 60, face à inconsistência na explicação dos acidentes das teorias mono causais. As teorias multi causais, de forma geral, apresentam a coexistência de várias causas na ocorrência de acidentes, que podem ser "diretas" ou "indiretas". As causas, por sua vez, formam uma cadeia de eventos que culmina na ocorrência do acidente.

A análise dos fatores técnicos e humanos, segundo Carpes Júnior (2001), sintetiza algumas concepções. Nessa, traços negativos da personalidade, adquiridos por influências hereditárias do meio familiar e social, levam o homem a cometer falhas. A partir destas falhas,

resultarão as causas dos acidentes (condições inseguras e atos inseguros). Essas causas deverão ser eliminadas para se evitar os acidentes. Porém, devido à impossibilidade de modificar os traços negativos da personalidade de todos os trabalhadores para eliminar os atos inseguros, esta concepção tem uma baixa eficiência (Lima, 1985).

Face ao interesse de encontrar um responsável pelo acidente, via de regra, dá-se maior importância aos atos inseguros do que às condições inseguras. Isso porque, culpar as condições inseguras, significa ter de realizar ações efetivas de correção do ambiente de trabalho e do equipamento. As medidas de prevenção para atos inseguros são a "educação" do trabalhador e a utilização de equipamentos de proteção individual, quase sempre incômodos e pouco eficazes na prevenção do acidente (Lima, 1985).

Outra teoria multi causal citada por Carpes Júnior (2001) é a tríade ecológica. Nessa, o acidente ou a doença profissional é resultante de um processo que envolve fatores presentes no homem, no agente e no meio. O equilíbrio entre esses fatores é rompido quando um acidente acontece. Então, a prevenção de acidentes é efetivada, atuando sobre um destes fatores, para interromper ou impedir as interações que possam provocar o rompimento do equilíbrio ou os acidentes.

A teoria dos portadores de perigos (Sell, 1990) sistematiza o evento acidente. Para isso, classifica os fatores do sistema de trabalho em pessoa e objeto. Tanto pessoas como objetos podem ser portadores de perigos em determinadas circunstâncias. Quando os portadores de perigos são os objetos, diz-se que o perigo é direto, quando são as pessoas, diz-se que o perigo é indireto. Os portadores de perigos detêm a energia danificadora que, na ocorrência de um acidente, pode produzir danos ou lesões. Havendo o contato direto entre os portadores de perigos e a ativação repentina da energia danificadora, ocorre uma colisão entre pessoa e objeto, caracterizando o acidente. Esta energia danificadora é a resultante entre a energia potencial (que de repente é ativada) e a resistência do corpo da pessoa a essa energia. Se esta resultante for positiva, a energia danificadora causa danos corporais (lesões ou mortes). Se a resultante é negativa ou nula, a energia não tem efeito maléfico sobre a pessoa.

Baseando-se na teoria dos portadores de perigos, Sell (1990) formulou o modelo da gênese dos acidentes de trabalho. Segundo este modelo, os acidentes são decorrentes das interações entre os elementos do sistema que podem produzir um resultado indesejado. A prevenção destas interações deve ser utilizada como forma de evitar acidentes.

A Figura 4.1 apresenta uma análise básica do acidente/incidente, onde são representadas as *barreiras de segurança* que serão desenvolvidas neste trabalho para, principalmente, as fases de projeto informacional e conceitual, pois entende-se que qualquer que seja a origem da

condição insegura (humano, objeto ou ambiente), ao contrário do que afirmam alguns dos autores estudados, é organizacional.

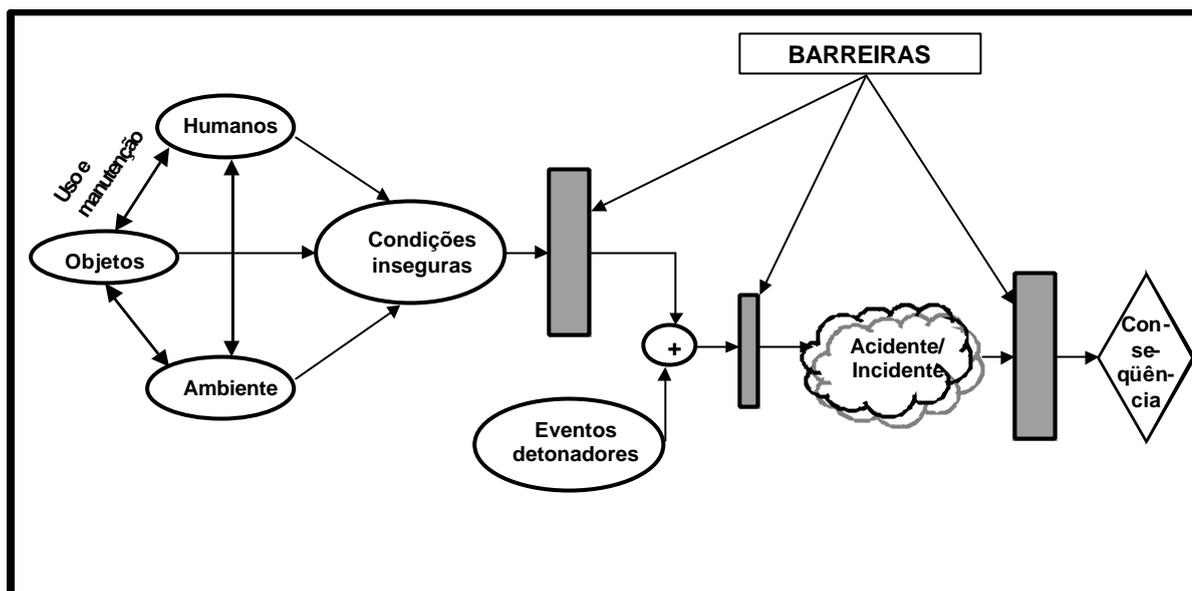


FIGURA 4.1 – Análise básica do acidente/incidente

Portanto, é neste contexto que este trabalho contribuirá com os aspectos relacionados com o projeto do produto, na medida que incorpora facilidades para a consideração do atributo segurança nas primeiras fases da metodologia de projeto.

### 4.3 - A CONFIABILIDADE NA INTERAÇÃO HOMEM-MÁQUINA

#### 4.3.1 - Confiabilidade humana

Dias (1996) afirma que a noção de confiabilidade é inerente ao homem, independente da sua definição ou da sua formulação matemática. Essa capacidade de percepção ou sensibilidade ao risco tem levado a humanidade a gerar técnicas e procedimentos cada vez mais apropriados a produtos e serviços, objetivando suprir as expectativas do funcionamento seguro e confiável, durante o tempo de operação.

O problema de confiabilidade humana pode ser representado pela pergunta “por quê um operador às vezes pode ter sucesso e às vezes pode falhar tentando realizar algo, quando não há nenhuma mudança notável nas condições externas?”. Claramente, se as condições de trabalho mudaram (mudanças de temperatura, ruído, comunicação, tempo, mau funcionamento de componentes ou equipamentos) então se esperaria mudança no desempenho.

O desempenho humano pode ser diferente e causas ou explicações para isso são procuradas naturalmente. Esta procura pelo conhecimento pode ser vista como servindo a três propósitos (Hollnagel, 1992):

- ☞ Para habilitar mudanças específicas do sistema, realizadas em resposta a ocorrências específicas não desejadas, para não necessitar realizar modificações depois do fato consumado;
- ☞ Para poder fazer melhores previsões do que acontecerá sob determinadas condições, como um esforço para melhorar o projeto de sistemas (uma proposta de engenharia e também uma extensão do primeiro propósito);
- ☞ Para aumentar o conhecimento em geral sobre sistemas de homem-máquina, como eles trabalham e desenvolver melhores teorias (um propósito científico).

Todos os três propósitos devem possuir um certo entrosamento porém eles não englobam tudo o que foi alcançado pelos mesmos meios. Nesta discussão, a prioridade dos propósitos é a ordem na qual eles são declarados e correspondem à definição de que os propósitos de confiabilidade em MMI e Análise de Confiabilidade Humana existem para reduzir o número de conseqüências não desejadas.

Assumindo que as variações de desempenho não estão sujeitas a severas mudanças no ambiente, então, outras causas ou fontes devem ser procuradas. As duas mais óbvias são:

#### **a) Conhecimento equivocado**

São as variações de desempenho que ocorrem devido a fatores sutis no ambiente que necessitam da adaptação cognitiva ao invés de aspectos físicos. Estão baseadas no ponto de vista cognitivo que afirma *que a forma de compreender e agir de uma pessoa são dependentes de seu modelo*. Por exemplo: a forma como processa a informação, se perceptivamente ou simbolicamente, é mediado por um sistema de categorias ou conceitos próprios, um modelo de cada um, inerente “ao seu mundo”. É em conseqüência deste ponto de vista, que se torna importante processar a informação em função da conveniência dos resultados, levando em consideração, obviamente, a importância do conhecimento que é usado. Se o conhecimento corresponde adequadamente com as condições de trabalho, então esta não pode ser a fonte das variações de desempenho e de resultados não desejados. Reciprocamente, se o desempenho é inadequado e/ou insatisfatório, o insucesso deverá ser esperado como resultado.

#### **b) Execução inapropriada de planos**

Planejar é um ato essencialmente inerente ao ser humano. Contudo, não é suficiente planejar. Necessário se faz estudar exhaustivamente este processo, traçando sua exequibilidade e escrevendo os procedimentos de forma clara e objetiva. Este conhecimento precisa ser discutido e apresentado a todos os participantes do processo de execução, pois esta atividade de capacitação pode evitar erros ou falhas, aperfeiçoando os planos previamente exercitados.

Outra visão são as falhas de desempenho que ocorrem quando o conhecimento do usuário é adequado, mas a execução das ações intencionais do mesmo acontecem de forma equi-

vocada, devido a flutuações fortuitas na forma de como a mente trabalha, influências do ambiente, esquecimento, falta de atenção. Esta visão não postula uma separação entre conhecimento e a forma de processá-lo, mas uma característica inerente de cognição humana em todos os níveis.

#### **4.3.2 - Diferentes causas que levam ao erro humano na operação e controle de sistemas de produção.**

A seguir, serão apresentados alguns itens mais significativos do erro humano, segundo Santos & Fialho (1997), na expectativa de relacioná-los com aspectos vinculados à operação e manutenção de máquinas agrícolas:

##### **a) Informação insuficiente sobre o estado da instalação**

A partir das colocações de Santos & Fialho (1997) existem algumas informações preponderantes para diminuir o erro humano:

- ☒☒ Lista de falhas dos equipamentos;
- ☒☒ Destaque para falhas em determinados materiais;
- ☒☒ Melhor sistematização de interfaces;
- ☒☒ Falta de confiança no desempenho dos equipamentos;
- ☒☒ Falta de confiança na informação disponível;
- ☒☒ Adoção de informação não comprovada;
- ☒☒ Expurgo de informação por falta de melhor comprovação de sua informação.

##### **b) Estabelecimento de um pré-diagnóstico falso**

Pré-diagnóstico falso significa adotar ou estabelecer procedimentos ou tomadas de decisão a partir de informações que não retratam o real estado que efetivamente está ocorrendo na operação ou manutenção.

Há duas hipóteses básicas para este problema:

- ☒☒ A apresentação da informação: quando incidentes inteiramente diferentes podem apresentar os primeiros sintomas análogos é preferível que a apresentação da informação inclua “parâmetros-alerta” característicos de uma das situações encaradas;
- ☒☒ A formação: em tais situações, a riqueza das hipóteses iniciais é determinante. Mas o indivíduo não formulará hipóteses, extremamente pouco frequentes, a não ser que sua formação e sua experiência lhe permitam dispor, em determinado momento, das ferramentas mentais apropriadas. Entretanto, em determinadas situações de trabalho, todos os fenômenos físicos e químicos suscetíveis de se produzirem não são conhecidos da própria equipe de concepção (caso dos procedimentos implantados em nível industrial antes de serem completamente controlados em nível semi-industrial).

### c) Aparecimento de uma situação inteiramente nova

Este perigo existe, principalmente, se os indivíduos aplicam procedimentos inteiramente concebidos por outros; se eles controlam máquinas automáticas sem poder intervir sobre seu funcionamento; se eles não receberam uma formação sobre os procedimentos que eles utilizam; ou ainda, se esta formação não está relacionada às ações que eles efetuam. Observa-se que o projetista pode e deve antever todas as possibilidades de perigo para a operação e manutenção para demandar ações de projeto e recomendações de capacitação mitigadoras do perigo.

### d) Representações que não se comunicam

A representação é um parâmetro básico na estrutura organizacional de um sistema produtivo. Regras básicas são necessárias para uma boa coordenação entre os intervenientes de uma tarefa e pode ser resumido em:

- ☞☞ Conhecer a estrutura de ação, interfaces, seqüência e participantes;
- ☞☞ Dispor de informações que permitam saber onde se encontram os integrantes a cada instante de uma manobra.

### e) Os períodos perturbados

Em períodos extremamente atribulados ou em caso de acidente ocorrido de forma muito brutal, observam-se muitas vezes com trabalhadores experientes modos operativos próprios dos trabalhadores iniciantes:

- ☞☞ Menor antecipação;
- ☞☞ Reação passo a passo;
- ☞☞ Diagnóstico a partir de conjuntos limitados de parâmetros e não sobre a situação global;
- ☞☞ Retorno freqüente aos procedimentos aprendidos há mais tempo, mesmo que eles não sejam os mais adequados.

### f) As variações do estado do organismo

- ☞☞ Efeito muito importante dos ritmos biológicos em situações de trabalho com turnos alternantes (efeitos sobre a vigilância, a memória, a atenção seletiva);
- ☞☞ Efeito dos eventos ocorridos nas horas que precedem o incidente.

## 4.3.3 -Metáforas<sup>2</sup> para operadores humanos

Para avaliar e analisar a confiabilidade de MMI, segundo Hollnagel (1992), é necessário ter uma noção entre cognição humana e a natureza do trabalho (cognição, porque é enfatizado o ponto de vista cognitivo; trabalho, porque é considerada a situação como um todo).

---

<sup>2</sup> Segundo Fernandes et al. (1993): Tropo (emprego da palavra em sentido figurado) em que a significação natural de uma palavra é substituída por outra, em virtude da relação de semelhança subentendida.

Isto significa que também é necessário ter uma noção clara (um jogo de suposições) do que é o ser humano, ou em linguagem moderna, ter uma metáfora para o operador. Embora as três metáforas descritas a seguir não sejam exploradas à exaustão, com certeza, elas representam os três principais tipos:

#### **a) Estímulo-organismo-resposta**

O modelo mais importante para operadores humanos provavelmente é o paradigma estímulo-organismo-resposta (S-O-R). Outra forma de expressar esta afirmação é dizendo que a *resposta* é uma função do *estímulo* e do *organismo* (as condições atuais do organismo), ou seja:

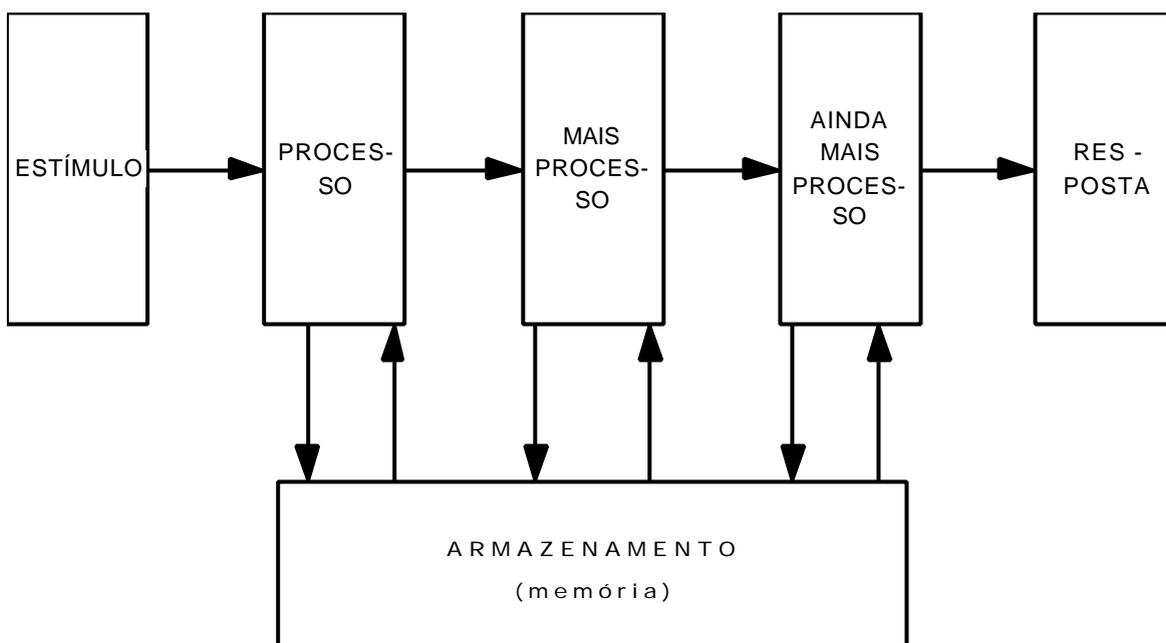
$$R = f(S, O)$$

Este é um paradigma psicológico clássico que, de uma forma ou de outra, esteve sempre presente, desde o início, em teorias psicológicas. Embora não seja um paradigma formal em psicologia, ainda é usado amplamente nos campos tecnológicos.

A sucessão comum de três elementos psicológicos que são básicos a todo o comportamento, isto é: percepção, processamento da informação e ação representam o que, convencionalmente para os psicólogos, é chamado como o paradigma de S-O-R: *incentivo-estímulo*, *organismo-mediação*, e *produção-resposta*. Estes três elementos de comportamento são a essência da maioria das atividades humanas na sensação que um *incentivo* age em um *organismo* para efetuar uma *resposta*.

#### **b) Como o operador processa o mecanismo de informação**

Uma metáfora mais elaborada é de que o ser humano é um *mecanismo processador* de informações. Embora aparentemente menos simplista que a metáfora de S-O-R, na realidade não é assim. Isto é visto claramente nas doutrinas de psicologia denominada computacional. De acordo com isto, processos mentais são considerados como rigorosamente procedimentos específicos e estados mentais definidos pelas relações causais, ação motora e outros estados mentais. Isto corresponde à visão de que o ser humano é um sistema que processa a informação. A informação que a visão processa é mostrada na Figura 4.2. É fácil verificar que isto não é, basicamente, diferente da metáfora de S-O-R, embora o mecanismo interno seja descrito em maiores detalhes. Uma das mais recentes versões desta metáfora é a noção de cognição humana como uma máquina falível (mas nunca menos que uma máquina!). Em outras palavras, a máquina falível é um mecanismo que às vezes produz corretamente e em outras não. A noção da máquina falível é um passo adiante da idéia de erro específico de mecanismos produtores, mas ainda é um mesmo modo de descrever cognição humana. Esta metáfora induz à necessidade de dotar o produto de forte investimento do atributo segurança.



**FIGURA 4.2** – Protótipo de processamento do mecanismo de informação.  
Fonte: Adaptado de Hollnagel, 1992.

### c) O ponto de vista cognitivo

Uma terceira metáfora é o ponto de vista cognitivo. A diferença principal da metáfora do incentivo, baseada na cognição (e cognição está em todos os casos), é visto como ativo em lugar de reativo. Por exemplo, como um jogo de processos/funções ego-contínuos que acontece simultaneamente. Em parte, porque o procedimento não é simplesmente uma função de introdução e estado mental e, em parte, porque é muito complexo para ser identificado adequadamente por uma única teoria. Em consequência o ponto de vista cognitivo enfoca especialmente desempenho, ao invés de focar os mecanismos de desempenho.

Apesar da tentativa de ser justo, o ponto de vista cognitivo também se baseia, de alguma forma, em todos os modelos e métodos baseados no paradigma de S-O-R. Todos os métodos atuais também se baseiam de uma maneira ou de outra à visão mecânica. Embora a noção do operador como uma máquina seja fundamentalmente errada, sua utilização é tão forte que será necessário examinar as consequências desta visão com maior profundidade.

O processo é uma seqüência de estados que podem ser elaborados no desenvolvimento de uma tarefa. O armazenamento do conhecimento e a ação de mais processo produzem o *estado da arte* requerido ou necessário para a consecução da tarefa.

#### 4.3.4 – Comentário

Um comentário final pode ainda ser feito sobre mais uma causa que induz ao erro humano na utilização de máquinas agrícolas, que é, segundo Alonço (2001), o que ele chamou de inacessibilidade às informações, pois os manuais que acompanham as máquinas e equipa-

mentos agrícolas são, conforme a declaração de muitos operadores de máquinas e mecânicos, “enfadonhos e difíceis de compreender”. Isto acontece, porque os manuais são escritos por quem projetou os equipamentos, tornando-os quase que indecifráveis. Além disto, no Brasil, muitos são os manuais de máquinas agrícolas que são traduzidos para o português, onde, além dos problemas citados anteriormente, tem-se também:

- ✘ Palavras, preposições e até mesmo frases omitidas;
- ✘ Sinônimos ambíguos ao invés dos termos claramente equivalentes (isto, sem levar em conta os regionalismos existentes no Brasil);
- ✘ Palavras ou proposições falsas;
- ✘ O significado trocado pela escolha de palavras ou de expressões errôneas.

As informações nos catálogos, quando corretamente divulgadas, podem gerar *estímulos* facilitadores da aprendizagem tendo como resposta ações, projetos, operação e manutenção seguras.

#### 4.4 – ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE O SISTEMA SENSITIVO HUMANO

Segundo Pinker (1998), a mente humana é um sistema de órgãos de computação, *desenhado*, por seleção natural, para resolver os tipos de problemas que nossos ancestrais encaravam nas suas maneiras de viver.

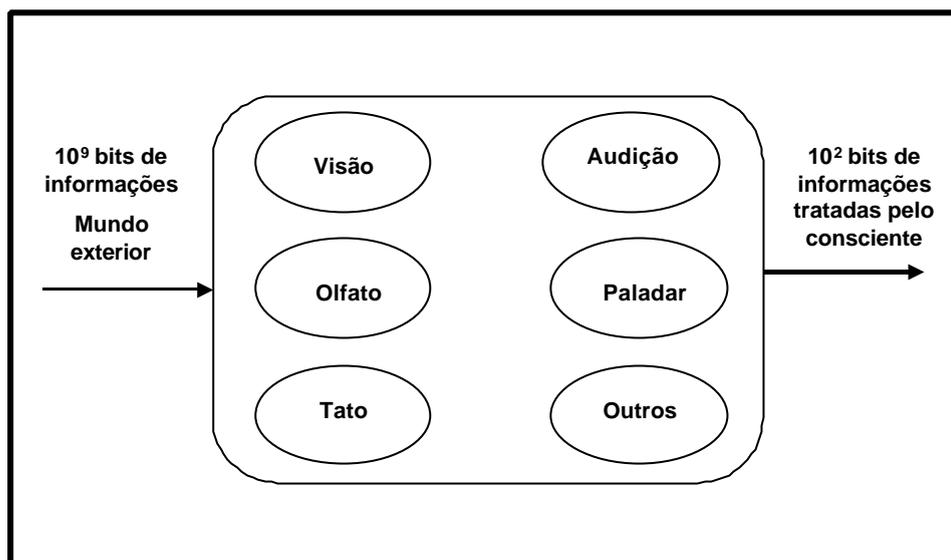
Cada módulo ou órgão mental apresenta um “*design*” especializado que o faz especialista em algum tipo de interação com o mundo. A lógica básica dos módulos é especificada pelo programa genético. A forma como operam foi conformada pela seleção natural para *resolver* problemas da vida de caça e de coleta das sociedades primitivas.

Segundo Fialho (2000), o organismo humano dispõe de cerca de um bilhão de receptores. De cada órgão dos sentidos se originam seqüências de impulsos que passam por vários milhões de condutos nervosos em direção ao sistema nervoso central. Cada um desses condutos é capaz de transmitir informações à cerca de 10 a 100 bits/s, de modo que a entrada máxima de informações é de 10 a 100 milhões de bits por segundo. Desse total apenas uma ínfima fração, cerca de 25 bits por segundo, atinge a consciência.

Como é possível observar na Figura 4.3, segundo Fialho (2000), o ser humano *recebe* cerca de  $10^9$  bits por segundo de informação provenientes do mundo exterior, dos quais  $10^2$  bits por segundo de informação são processadas a um nível consciente.

*Dentro da Modelagem Cognitiva, sensação é a resposta específica a um estímulo sensorial particular, enquanto percepção é o conjunto de mecanismos de codificação e de coordenação das diferentes sensações elementares, visando um significado.*

O Sistema Sensitivo Humano clássico compreende a visão, a audição, o tato, o paladar e o olfato.



**FIGURA 4.3** - Processamento das informações vindas do mundo exterior

Fonte: Fialho, 2000.

#### a) Registros Sensoriais

As características da informação conservada nos registros sensoriais são as seguintes:

- ☞ A informação conservada é uma imagem precisa do estímulo tal como ele é percebido pelo órgão sensorial;
- ☞ Esta informação não é decodificada, mas bruta, não sendo modificada por mecanismos cognitivos;
- ☞ A duração deste primeiro registro corresponde a menos de um segundo para sensações visuais e alguns segundos para as auditivas;
- ☞ Ela é volátil, qualquer que seja a vontade do sujeito que não pode mantê-la, mesmo por um esforço de auto-repetição mental;
- ☞ A capacidade do registro sensorial é limitada: depende do tipo de órgão sensorial envolvido;
- ☞ Em função da rápida queda da informação no registro sensorial, somente parte dela é selecionada ou filtrada para processamento posterior.

#### b) Memória de Curto Termo (MCT)

Na MCT, a informação conservada é totalmente diferente: a informação já é o resultado de uma interpretação;

- ☞ Pode ser síntese de várias informações provenientes de diferentes registros sensoriais (por exemplo: visão + audição), mas não retém a totalidade das informações;
- ☞ A capacidade desta memória é limitada e volátil;

- ✘✘ Conserva a informação durante segundos;
- ✘✘ Pode ser mantida mas fica extremamente sensível às interferências de outras informações.  
É o que acontece, por exemplo, quando repetimos um número de telefone e alguém vem nos perturbar com uma pergunta.

A noção de MCT foi progressivamente abandonada dando lugar à “Memória de Trabalho” (MT). A diferença é que esta última é concebida como um sistema que realiza não só o armazenamento mas o tratamento das informações, característica mais fundamental e que requer mais investimento para a segurança.

### c) Memória de Longo Termo (MLT)

Entre suas características importantes estão:

- ✘✘ Organização mais complexa, não apresentando um declínio sistemático em função do tempo;
- ✘✘ Capacidade praticamente ilimitada (isto não impede o esquecimento que se dá não por razões de capacidade, mas de organização ou de mecanismos de decodificação);
- ✘✘ Dependência, primeiramente, das transformações operadas por filtragem da memória de curto termo para, em seguida, integrar a informação às estruturas que compõe os esquemas cognitivos e às informações já memorizadas;
- ✘✘ Conservação das informações de forma permanente.

## 4.5 – ALGUMAS ABORDAGENS SOBRE ERRO HUMANO

Segundo Kontogiannis (1999) durante muitos anos o desenvolvimento em automatização e/ou automação, sistemas de apoio ao operador e políticas de segurança, foram feitos com o propósito de suprimir ou prevenir o erro humano. A política de “acidente zero” como sendo a última meta de segurança foi discutida e tentada exaustivamente, porém esta confiança exclusiva na “supressão do erro” tem sido questionada por vários pesquisadores como (Frese, 1991 ; Zapf & Reason, 1994 e Carpes Júnior, 2001), até mesmo em sistemas tecnologicamente avançados, pois funcionamentos inadequados de sistemas de segurança automatizados e más adaptações para as interações com o usuário, freqüentemente, resultaram em sérios acidentes. Além disso, sempre é previsto que os operadores atuem com eficiência em situações inesperadas onde é necessário desenvolver estratégias complexas e que usem seus conhecimentos sob constrangimentos de tempo exíguo e tensão psicológica.

Vários são os aspectos que poderiam ser abordados sobre este tema e muitos são os autores que desenvolveram teorias e estudos sobre erro humano. Porém, neste trabalho só serão descritos itens que poderão servir como um *alerta* aos projetistas sobre a sua importância no processo de projeto.

#### 4.5.1 - Projeto de sistemas

Este item possui por objetivo examinar três amplos princípios de projeto: *observabilidade* de estados indesejados de sistemas que promovam o auto monitoramento; *qualidade* de ações localizáveis e *reversibilidade* das ações e efeitos para a compreensão da revisão e *reversibilidade* para ajudar oportunas correções dos efeitos das ações.

A *observabilidade* ou *transparência*, necessita que sejam incorporadas ao projeto, características que facilitem a predição de mudanças do sistema e a descoberta de estados indesejáveis. Isto pode promover a descoberta do erro, provendo a avaliação apropriada e imediata (Lewis & Norman, 1986).

A *localização* refere-se a projetar características para ajudar aos operadores a localizarem as causas de inadequação ou ações errôneas. Em sistemas de respostas lentas, *localização* é crucial devido à dificuldade em entender quais ações conduziram o sistema a estados indesejáveis. Ações em equipamentos de resposta lenta podem levar muito tempo antes que qualquer efeito seja observado, neste caso, são combinados os resultados das ações prévias de modo que se tornam difíceis de entender. A lembrança de ações executadas no passado pode aumentar a localização de ações padrões e efeitos. O agrupamento funcional de informações é uma característica de apoio ao projeto.

O terceiro princípio baseia-se na incorporação de características de projeto que promovam a *reversibilidade* das ações. Isto permite aos operadores cancelar o efeito de suas ações e desenvolver planos para trazer o sistema a estados novos mais seguros. Redundância de equipamento é a mais simples forma de fornecer subsídios para as operações de correção. Outras funções de suporte, como simulação de ações e predição de conseqüências futuras do sistema, também podem aumentar a correção de erro na fase de formulação do plano. A correção de situações que conduziram a falhas técnicos é, em geral, mais difícil porque novos planos de ação têm que ser desenvolvidos sob constrangimentos de tempo mais exíguos.

#### 4.5.2 - Capacitação para correção do erro

As melhorias no projeto de sistemas podem representar um papel significativo na correção do erro. Porém, sempre existem prováveis situações que são difíceis de prever e o sistema de segurança deve confiar no operador. A capacitação em correção do erro é focada na área de interação homem/máquina, baseada no conceito de administração da capacitação do erro (Frese, 1991; Brodbeck et al., 1993; Dormann & Frese, 1994). Os princípios mais relevantes desta filosofia de capacitação são aquelas “*tarefas de aprendizagem*” construídas de modo que permitam que os erros aconteçam sem colocar muitas restrições nas tarefas práticas exigidas.

A sistemática de planejar os procedimentos pode gerar uma boa base para o desenvolvimento de programas de capacitação em correção do erro por parte dos operadores. Auto monitoramento (por exemplo, revisão de normas de procedimento) é uma estratégia útil que foi desenvolvida através de detectores de erros.

#### 4.5.3 - Classificação de Erros de Projeto

As atividades de projeto podem estar sujeitas a deslizes ou enganos, serem incorretas ou impróprias. Isto sugere então, que os erros possam se agrupar de acordo com o local onde eles acontecem e como (em quais atividades) eles acontecem. Uma distinção adicional está entre a informação relativa a um determinado produto e o que é conhecido sobre o projeto de classes de produto. Nas Tabelas 4.1 e 4.2 é desenvolvida a classificação de onde os erros podem acontecer.

**TABELA 4.1-** Erros de informação em projetos relativos a um determinado produto.

<b>ERROS EM INFORMAÇÃO RELATIVOS A UM DETERMINADO PRODUTO</b>	<b>EXEMPLOS DE ERROS</b>
Exigência funcional	Exigências de cliente incorretamente interpretadas/modificadas; Referências incorretas em normas técnicas ou códigos.
Influências externas no produto, como as cargas aplicadas.	Cargas previstas deficientemente ou de forma incompleta. Entendimento incorreto sobre as aplicações do cliente.
Atributos explícitos - por exemplo, parâmetros dimensionais, propriedades dos materiais e assim por diante.	Erro dimensional; material impróprio ou incorretamente especificado.
Atributos implícitos - características e comportamento do produto sujeitas às influências externas.	Estimativa de desempenho incorreta; Incerteza excessiva em avaliação de durabilidade.
Valores especificados de atributos implícitos que o projeto pode alcançar.	Valores de normas técnicas incorretamente transcritos; Exigência de cliente incorretamente interpretadas/modificadas.
Restrições nos valores de parâmetros explícitos	Dimensões incorretas para pacote de projeto externo; Especificação incorreta de interface externa.
Expressões que definem a utilidade do projeto.	Omitidas, incorretamente declaradas ou funções de utilidade mal compreendidas.

Fonte: McMahan et al., 1997.

**TABELA 4.2 -** Erro de informação relativa a classes de produto em projetos.

<b>LOCAL DE ERROS EM INFORMAÇÃO RELATIVO A UMA CLASSE DE PRODUTOS</b>	<b>EXEMPLOS DE ERROS</b>
Possíveis valores para os atributos explícitos - por exemplo, especificação de valores, limitação de valores e assim por diante.	Dados incorretos sobre capacidade industrial; Uso de catálogos de fabricação antiquados.
Relações entre atributos implícitos e explícitos e sobre influências externas.	Fórmula errada para análise de tensão; Dados de teste incorretos..

Fonte: McMahan et al., 1997.

Na maioria dos casos, o projeto é desenvolvido sob condições de incerteza. Pode haver dispersão em possíveis valores de atributo (em um parâmetro dimensional ou material), incerteza nas relações entre os valores e incerteza nas técnicas para calcular o desempenho do projeto emergente (os relacionamentos relativos aos atributos implícitos e explícitos). Além dis-

so, ao longo do processo de projeto as informações relativas ao mesmo podem estar incompletas ou então ser imprecisas.

Incerteza e imprecisão também surgem nos métodos usados para computar atributos de projeto. Podem estar na aplicação de regras de manuseio, testes do protótipo a campo e até técnicas analíticas de várias descrições. Por exemplo, a força de uma parte estrutural pode ser calculada pela mecânica dos sólidos clássica, por elementos finitos e análise de limite do elemento em diferentes níveis de precisão e através do uso de modelos de material elástico ou elástico/plástico. Estes métodos terão vários níveis de precisão e necessitarão de diferentes níveis de detalhamento nos atributos do projeto. Na Tabela 4.3 é apresentada uma combinação destas considerações com uma categorização de tipos de erro no trabalho experimental a fim de fornecer uma classificação de fontes de erro em atividades de projeto (Gibbings, 1986).

**TABELA 4.3** - Fontes de erro em atividades de projeto.

<b>FONTE DE ERRO</b>	<b>EXEMPLO</b>
Técnica imprópria	Método não possui precisão exigida;
Atividade não realizada completamente.	Número insuficiente de repetições em uma análise; Confiança excessiva em valores de dados assumidos.
Erro de método	Erro de limitação na técnica usada -
Atividade não concluída	Falha para finalizar uma avaliação particular de projeto.
Deslize ocorrido ao executar uma atividade.	Erro tipográfico ao preparar um desenho; Erro de transcrição de determinada leitura.
Falha combinatória	Nenhuma falha em atividades individuais, mas sim erro de interação entre várias atividades
Perda de tempo	Uma análise tão longa que resultados não estão disponíveis a tempo para outras atividades.
Falha no processo	Erro ou falha do computador
Erro deliberado	Falsificação de resultados

Fonte: Gibbings, 1986.

A comunicação é uma parte tão importante em processos de projeto que merece consideração separada. A comunicação pode ser modelada em três fases: codificação, transmissão e decodificação. Podem ser introduzidos erros de vários modos, como os relatados na Tabela 4.4.

**TABELA 4.4** - Fontes de erro em comunicação.

<b>FONTE DE ERRO</b>	<b>EXEMPLO</b>
Codificação do erro	Comunicação incorreta no uso de normas técnicas ou erro no uso de normas técnicas.
Perda de sinal	Projeto reproduzido pobremente; arquivo apagado inadvertidamente
Ruído no sinal	Projeto reproduzido pobremente; Conversação telefônica mantida em uma sala com muitos ruídos.
Erro na decodificação.	Uso incorreto ou comunicação incorreta sobre o teor de normas técnicas. O usuário não entende alguma anotação.
Comunicação incompleta.	Sistemas incompatíveis com as normas (por exemplo, comunicação entre sistemas de CAD).

Fonte: Gibbings, 1986.

#### **4.6 - ERGONOMIA E SEGURANÇA NO PROJETO E UTILIZAÇÃO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS**

A melhora no trabalho do homem do campo, segundo Márquez (1999), deve caminhar junto com o desenvolvimento econômico de cada país, para ser implementada cotidianamente nos procedimentos, ferramentas e ações.

Quando se pleiteia a necessidade de que a fabricação de máquinas agrícolas seja realizada condicionada pelos fatores ergonômicos e de segurança do homem que as opera, o fabricante tem bastante claro que isto pode significar um incremento, nada desprezível, dos custos de produção, que haverá de repercutir no preço final do produto. Isso tem reflexos no usuário que baseia sua compra no baixo custo de aquisição como fator preponderante. A qualidade do produto, segurança ou ergonomia ainda não tem o mesmo grau de importância para o comprador. Sem dúvida, existem razões econômicas que aconselham incluir, de maneira progressiva, aspectos ergonômicos e de segurança nas máquinas agrícolas que chegam aos agricultores.

Os custos sociais que produzem os acidentes, como descritos no Capítulo 2, são significativos. Têm-se também numerosas enfermidades profissionais que aparecem nas pessoas que operam máquinas agrícolas, de maneira geral: surdez, danos à coluna vertebral e aparelho digestivo causados pelas vibrações de baixa frequência, danos no aparelho respiratório causados pelo ar carregado de partículas, entre outros.

Também existem outros fatores que devem ser levados em consideração: um projeto ergonômico do posto de trabalho melhora a eficiência da maquinaria, aumentando a capacidade de trabalho do homem que a opera. É comprovado, experimentalmente, segundo Márquez (1999), que o tratorista que se encontra trabalhando de forma incômoda, devido às vibrações de baixa frequência que chegam ao posto de condução, reduzem a velocidade de avanço, e, com ela, a quantidade de trabalho que desenvolve durante a jornada. De uma forma menos específica mas não menos incisiva, estas afirmações são corroboradas por Carpes Júnior (2001), Dul & Weerdmeester (1995), Hammer (1993) e Iida (1993).

Concluindo então, o que efetivamente busca-se é:

- ≠≠ Evitar lesões e doenças ocasionadas sobre as pessoas pelos acidentes que são produzidos pelas máquinas, processos e atividades agrícolas;
- ≠≠ Reduzir os custos ocasionados como consequência dos acidentes (tempo perdido, custos médicos, destruição de bens materiais, danos ambientais).

#### **4.6.1 - O ponto de partida**

Os princípios ergonômicos não são, de forma alguma, uma lei de aplicação estrita. O projetista deve utilizar sua iniciativa e conhecimento para encontrar as soluções mais favoráveis, tendo em conta o princípio de que ele não representa o modelo de indivíduo que vai utilizar o equipamento projetado e que tudo o que se projeta deve ser usado pelo e para o homem. Como consequência disto, é necessário buscar-se soluções racionais, aplicando uma boa dose de sentido comum, para a integração do homem com a máquina e o ambiente.

O projeto de produtos é uma atividade multidisciplinar, logo, é necessário contar com uma equipe, de forma que se possa analisar com precisão a resposta dos indivíduos no complexo sistema homem-máquina. Para avançar neste conhecimento é necessária a intervenção de numerosos ramos da ciência.

O projetista interessado também nas pessoas que utilizarão a máquina deve saber responder: como vêem, escutam, reagem, pensam; quais são suas medidas antropométricas; a que distância podem chegar; qual é a sua força.

Um trabalho complicado é mais bem realizado em uma oficina silenciosa, do que em outra cheia de gente em que contínuas interrupções são produzidas. Isto significa que, quando se inicia um projeto, deve-se considerar a forma em que o produto resultante do mesmo será utilizado, o ambiente, os usuários (conhecimento, destreza, motivação...). Todos estes fatores influirão sobre a utilização.

A capacitação para determinadas tarefas converte-se em uma necessidade à medida que a tecnologia avança e, isto é muito visível no setor agrícola, onde os homens do campo possuem um nível de capacitação inferior ao necessário para tirar o máximo rendimento dos modernos equipamentos.

Tudo que diz respeito à capacitação está intimamente relacionado com informação, em forma de manuais, ou outro tipo, que sejam facilmente assimiláveis pelo usuário. A capacitação para o trabalho deve estar intimamente ligada à formação em matéria de segurança. Neste sentido, técnicas e procedimentos para detectar erros operacionais revestem-se de significado e importância. Muitos destes erros operacionais podem ser resultantes de ambientes e postos de trabalho mal projetado ergonomicamente.

#### **4.6.2 - O fator humano e suas limitações**

As limitações humanas são a causa da maioria dos acidentes. Estas limitações dependem da natureza de cada indivíduo e são de origem: física, fisiológica e psicológica.

**a) Limitações de natureza física**

Conhecer as próprias limitações físicas e trabalhar dentro destas possibilidades é um fator importantíssimo para a redução de acidentes. Por outro lado, as características físicas do indivíduo são condicionadores para este tipo de limitações (Márquez, 1999).

**b) Limitações de natureza fisiológica**

Os limites fisiológicos, segundo Márquez (1999), são muito variáveis em função da natureza da pessoa e são influenciados pela fadiga, drogas (incluído aqui, fumo e álcool), produtos químicos, doenças e condições ambientais.

Quando se supera o limite de fadiga, aumentam os erros e são produzidas perdas de força e de atenção que podem desencadear o acidente;

As doenças reduzem o rendimento humano em função do tipo de enfermidade e de sua gravidade, por isto, não é aconselhável a operação de máquinas nestas condições. Os medicamentos podem aumentar os riscos de acidentes. Doenças sem gravidade, como dores de cabeça e resfriados, reduzem a habilidade para trabalhar, reduzindo a concentração e aumentando o risco de que sejam produzidos erros e acidentes;

As condições ambientais desfavoráveis podem converter um trabalho fácil em um trabalho duro e perigoso. Afetam as pessoas principalmente: a temperatura, a umidade, o ruído e as vibrações.

**c) Limitações de natureza psicológica**

A segurança e o rendimento pessoal, segundo Márquez (1999), estão vinculados a fatores de natureza psicológica; o caráter e as emoções diferenciam as pessoas das máquinas.

Os problemas psicológicos são produzidos como consequência de:

- ✂✂ Confusão e insegurança pessoal;
- ✂✂ As tragédias que afetam o indivíduo;
- ✂✂ As relações interpessoais desagradáveis ou conflituosas;
- ✂✂ A falta de vocação profissional ou de motivação para o trabalho;
- ✂✂ Às dificuldades econômicas;
- ✂✂ À insegurança pessoal e ao desejo de se fazer notar.

**4.7 - DIRETRIZES PARA O PROJETO DE PRODUTOS SEGUROS**

Pahl & Beitz (1996) sinalizam que os projetistas devem utilizar princípios que garantam a proteção dos seres humanos, do ambiente e das funções técnicas do produto. Então, recomendam que os projetistas podem recorrer a três princípios, quando do desenvolvimento do projeto preliminar, para incorporar segurança aos produtos:

- ☞☞segurança direta: o princípio da segurança direta pode ser dividido em três outros princípios: da vida segura, da falha segura e da redundância. O princípio da vida segura orienta o projetista a estruturar o produto de forma a permitir a operação sem quebras ou falhas. Se falhas forem inevitáveis, utiliza-se o princípio da falha segura, que orienta para a minimização de conseqüências de falhas ou de quebras. O princípio da redundância orienta para a utilização paralela de componentes adicionais, de forma que, em caso de quebras ou falhas, a substituição do componente inutilizado ocorra sem prejuízos;
- ☞☞segurança indireta: a aplicação desse princípio envolve a utilização de equipamentos e sistemas de proteção. Esses equipamentos e sistemas de proteção agem, quando riscos ocorrem, proporcionando ações de remoção, separação ou limitação da situação de risco. Como exemplos desses sistemas e equipamentos de proteção pode-se citar as barreiras de proteção e válvulas de alívio para pressão;
- ☞☞avisos: apenas apontam os perigos e indicam as áreas de risco que devem ser evitadas pelos usuários de um produto. Estes, apenas devem ser utilizados como último recurso para o projeto de produtos seguros.

Ao aprofundar a análise sobre as recomendações de Pahl & Beitz (1996), verifica-se que a sua eficácia é parcial, pois o princípio da segurança direta reflete ações para melhoria da confiabilidade e para ocorrência de falhas seguras, não estando realmente associado à segurança. As ações recomendadas pelo princípio da segurança indireta são puramente ações corretivas, pois são utilizadas sobre produtos perigosos que já foram projetados desta forma. Os avisos, por sua vez, possuem baixa eficácia, pois estão sujeitos à atenção e interpretação por parte do usuário. O desenvolvimento de produtos seguros através de metodologias de projeto, depende fundamentalmente das diretrizes que orientam o processo de projeto. Pahl & Beitz (1996) recomendam que itens relativos à segurança devem ser incorporados ao produto na fase de *projeto preliminar*, ao passo que este trabalho dedicar-se-á a realizar esta incorporação desde as fases iniciais do processo de projeto. As diversas diretrizes citadas por Main (1996), Weinstein (1997), EN 292-1 e 292-2 (1991) são quase sempre semelhantes e apontam para os seguintes princípios básicos:

- ☞☞sempre que possível, projetar, manufaturar e distribuir produtos livres de características inseguras;
- ☞☞se isso não for possível, construir barreiras e proteções para resguardar as pessoas das características inseguras do produto;
- ☞☞se isso também não for possível, prover o usuário com instruções e avisos adequados.

Segundo Main (1996), a eliminação dos perigos do produto confere ao produto segurança intrínseca. Por outro lado, proteções e barreiras podem não funcionar devido a determi-

nadas circunstâncias. E a utilização de avisos provoca muitos problemas, entre os quais, a segurança do usuário depender exclusivamente dele. Às vezes, apontam-se para outras diretrizes como capacitar o usuário (Main, 1996). Porém, a capacitação dos usuários, além de tornar a segurança dependente dos usuários, cria um problema adicional, ministrar a capacitação para todos que utilizam o produto.

A aplicabilidade das diretrizes para eliminação de perigos ou controle de riscos depende da natureza deles. Algumas características funcionais do produto, que até onde se conhece são insubstituíveis na sua essência, são inerentes ao produto, sendo então identificadas e controladas, como é o caso de lâminas de facas, das serras de madeira, dos tanques de combustível. Deve-se eliminar por completo os perigos, cuja eliminação não prejudique o desempenho das funções do produto. Outros perigos menos graves, cuja eliminação implica em prejuízo da funcionalidade do produto, podem ter seus riscos controlados. Porém, perigos com possibilidade de gerar acidentes graves devem ser eliminados, mesmo que isso prejudique parcialmente o desempenho do produto. O controle de riscos, através de proteções e barreiras, deve ser realizado de forma a não afetar a confiabilidade e não adicionar novos riscos ao produto (Carpes Júnior, 2001).

Além das diretrizes citadas anteriormente, segundo Barnett (1994) deve-se incluir o princípio da segurança uniforme. Para explicar este princípio, considera-se que os indivíduos formam o seu conhecimento sobre a dedução ou a indução. A dedução é o processo de raciocínio do qual tiram-se conclusões a partir de princípios ou informações já conhecidas, ou seja, tiram-se verdades específicas de verdades gerais, por isso, nestes casos, as conclusões são sempre verdadeiras. Por outro lado, a indução gera verdades gerais a partir de verdades específicas, baseando-se na experiência própria, na intuição e, às vezes, na fé. Neste caso, tende-se a generalizar algo específico, por exemplo: se alguém conhece somente cães bravos, por indução acredita que todos os cães são bravos, o que não é verdadeiro. Segundo Barnett (1994), pelo princípio da segurança uniforme, perigos percebidos de modo similar, devem ser tratados similarmente. Por exemplo, se um equipamento oferece 15 perigos semelhantes, porém apenas 14 deles estão protegidos por dispositivos, então, por indução, acredita-se que um perigo está desprotegido por ser de menor importância, senão estaria protegido. Sendo assim, o risco de acidentes com este perigo é maior do que se todos os outros estivessem desprotegidos. Isto ocorre porque criou-se uma falsa sensação de segurança. Isto também ocorre em relação aos avisos, que devem tratar perigos similares de mesma forma.

As diretrizes citadas anteriormente devem ser convertidas em requisitos de projeto ou em orientações capazes de guiar o processo de projeto, buscando-se eliminar perigos, contro-

lar riscos, pôr avisos e atentando para o tratamento semelhante de perigos e riscos semelhantes.

Outra questão de importância no desenvolvimento de produtos é a definição correta dos requisitos de segurança, visto que os requisitos irão orientar todo o processo de projeto.

Em relação aos requisitos de segurança, a NASA publicou um documento que estabelece diretrizes para os requisitos mínimos de segurança para projeto, testes e valores para o lançamento do veículo espacial Pegasus (Nasa, 2003 a):

- ☞☞ nenhuma combinação de falhas ou erros do operador pode resultar em acidentes catastróficos do veículo, resultando em perda de missão ou morte;
- ☞☞ nenhuma falha simples ou erro do operador poderá resultar em lesões a pessoas ou danos significativos à nave;
- ☞☞ o projeto deve possibilitar a falha segura da interface entre o veículo e equipamentos de suporte ao voo ou de equipamentos de suporte de terra;
- ☞☞ capacidade de remover potência do Pegasus quando ocorrerem eventos onde a segurança for inferior à segurança crítica.

Outra possibilidade de estabelecimento de requisitos de projeto é através das Diretrizes para Baixa Voltagem da Comunidade Económica Europeia (LVD - Low Voltage Directive). As exigências essenciais contidas nas diretrizes são as seguintes (Kervill, 2003):

- ☞☞ o produto não deve matar pessoas;
- ☞☞ o produto não deve lesionar pessoas;
- ☞☞ o produto não deve matar animais domésticos;
- ☞☞ o produto não deve danificar propriedades.

As diretrizes para estabelecimento de requisitos de segurança, normalmente, estão inseridas dentro do conceito de segurança, no qual evita-se o acidente e a lesão ou dano. Generalizando estas diretrizes, observa-se que elas denotam a seguinte estrutura básica: características físicas ou operacionais do produto, mesmo quando sob influência externa, não podem ocasionar danos ou lesões.

Em geral, pode-se estabelecer requisitos de projeto utilizando-se de normas de segurança estabelecidas, análise de produtos similares e revisão do produto existente, no caso de reprojeto. A título de exemplo, o estabelecimento dos Requisitos de Segurança para o Projeto Pegasus (Nasa, 2003 b) propõe este mesmo grupo de opções, para eliminar ou controlar perigos através dos requisitos de projeto, devendo-se então:

- ☞☞ identificar-se os perigos normalmente relacionados com este tipo de sistema ou similares;
- ☞☞ verificar a existência de normas para estes perigos;
- ☞☞ verificar a existência de outros perigos através das técnicas de análise;

recorrer a normas e recomendações de projeto contidas em publicações, manuais, entre outros.

Muitos requisitos de projeto são formulados sobre normas específicas. Neste caso, o controle ou eliminação dos perigos é realizado mantendo o projeto em conformidade com as normas técnicas ou normas de projetos (Nasa, 2003 b).

A escolha de normas apropriadas é uma das mais importantes tarefas para o projeto seguro, devendo estes serem selecionados no início de um projeto antes de qualquer definição de especificações ou detalhes de projeto de componentes, pois isto provavelmente irá afetar estas atividades (Kervill, 2003).

#### 4.8 – COMENTÁRIOS FINAIS

A partir do levantamento destes fatores associados ao processo de projeto, os dados permitem a *definição de algumas diretrizes para serem usadas em metodologia de projeto para segurança em máquinas agrícolas*.

São elas:

##### a) Em relação às teorias mono e multi causais dos acidentes

As teorias mono causais procuram identificar uma única e fundamental causa para a ocorrência do acidente, a qual está presente no indivíduo ou no meio que o cerca. Segundo Carpes Júnior (2001), inconsistente na explicação dos acidentes.

Ainda assim, como seu objetivo é identificar a causa fundamental do acidente no indivíduo ou meio e baseia-se *nos atos inseguros* dos tipos *culpabilidade*, *predisposição* e *acidentabilidade*, no projeto de produtos, na fase de levantamento de necessidades, seja por questionário estruturado ou por simulação de uso do produto pelo usuário, poderiam ser previstas questões para averiguar o uso incorreto do produto e os potenciais problemas desse uso incorreto, buscando-se identificar necessidades, requisitos ou mesmo funções voltadas à segurança.

Ou seja, a contribuição poderia ser (Figura 4.4) um conjunto de questões baseadas na teoria, para auxiliar o levantamento de necessidades de projeto.

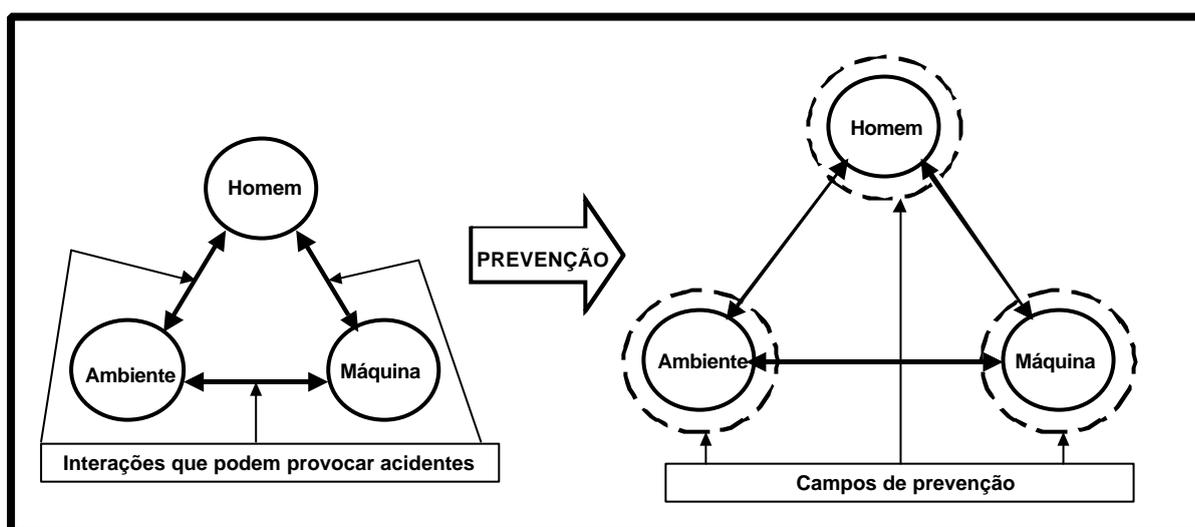
TIPO	CARACTERÍSTICA	QUESTÕES GENÉRICAS	TÍPICAS NECESSIDADES
CULPABILIDADE	Negligência Imprudência	No uso do produto x, o que aconteceria se o usuário negligenciasse o aviso z?	Ao responder as perguntas da coluna anterior ter-se-iam levantadas algumas necessidades de projeto
PREDISPOSIÇÃO	.....	.....	.....
ACIDENTABILIDADE	.....	.....	.....

**FIGURA 4.4** – Questões baseadas na teoria mono causal para auxiliar no levantamento de necessidades de projeto.

As teorias multi causais, de forma geral, apresentam a coexistência de várias causas na ocorrência de acidentes, podendo ser diretas ou indiretas, formando uma cadeia de eventos que culmina na ocorrência do acidente.

Com base nessa teoria poder-se-ia capturar os tipos de relações entre os envolvidos num sistema e sugerir soluções típicas para construir ou configurar um “campo de prevenção” que, eventualmente, seria constituído por várias soluções.

A Figura 4.5 representa o exposto anteriormente e a Figura 4.6 apresenta um exemplo do tipo de contribuição que esta teoria poderá oferecer à equipe de projeto no que tange à segurança.



**FIGURA 4.5** – Relações entre os envolvidos no sistema da teoria multi causal da ocorrência de acidentes e a criação de “campos de prevenção” para contê-los.

TIPOS DE RELAÇÕES	CARACTERÍSTICAS	TÍPICOS PROBLEMAS PARA O DOMÍNIO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS	TÍPICAS SOLUÇÕES PARA O DOMÍNIO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS
HOMEM - MÁQUINA	Fluxos de energia, material e sinal entre homem e máquina	Se o homem recebe energia da máquina, dependendo da energia e sua intensidade pode ocorrer, por exemplo, fadiga, lesões, incômodo.	Para energia x com risco y: - Soluções típicas: a, b, c, etc. Para sinal x com risco z: - Soluções típicas: 1, 2, 3, etc.
HOMEM - AMBIENTE	Fluxos de energia, material e sinal entre homem e ambiente	.....	.....
AMBIENTE - MÁQUINA	Fluxos de energia, material e sinal entre ambiente e máquina	.....	.....

**FIGURA 4.6** - Contribuição que a teoria multi causal poderá oferecer à equipe de projeto no que tange à segurança.

A teoria multi causal de acidentes proporciona que se acredite nos potenciais perigos existentes nas três fontes (ambiente, máquina e homem) porém, estas fontes potenciais de pe-

rigo são introduzidas no projeto pelas soluções adotadas (ou por sua não adoção) pelos projetistas. Portanto, com base nesta teoria, é possível evitar acidentes ao eliminar as potenciais fontes de perigo através de um *bom projeto*.

Neste caso, um *bom projeto* será:

- ≡≡ Que siga uma metodologia que oriente a equipe passo a passo sobre o levantamento de problemas associados à segurança;
- ≡≡ Que siga *princípios de solução* que evitem a introdução de perigos potenciais.

Os *princípios de solução* citados anteriormente serão oriundos:

- ≡≡ De soluções já conhecidas e testadas;
- ≡≡ Da criatividade orientada para soluções seguras;
- ≡≡ De determinações e/ou recomendações oriundas da legislação, NR's, NRR e normas técnicas nacionais e internacionais.

Nesta tese, serão utilizadas as três formas citadas anteriormente, com enfoque na legislação, NR's, NRR e normas técnicas, mas também com criatividade orientada para soluções seguras (por requisitos/restrições para a segurança; por funções para a segurança e por princípios para a segurança), fornecendo ao projetista:

- ≡≡ Típicos requisitos/restrições de projeto para a segurança;
- ≡≡ Típicas funções para a segurança;
- ≡≡ Típicos princípios de solução para a segurança.

#### **b) Em relação a erro humano e confiabilidade em MMI:**

- ≡≡ Considerando as conseqüências não desejadas devido a erro humano como o objetivo do estudo de confiabilidade em MMI, enfoca-se em uma única causa o problema, deixando de fora muitos outros. Como é extremamente difícil reduzir a ocorrência de ações humanas errôneas, o ideal talvez seja reduzir as conseqüências, desenvolvendo sistemas de automatização inteligentes que poderiam ter sistemas de interação tolerantes a erros decorrentes dos papéis variáveis dos operadores.
- ≡≡ Quando a confiança em uma única teoria ou modelo é abandonada, as opções para aumento de intervenção poderão tornar-se uma vantagem.
- ≡≡ Também parece ser importante perceber que a base científica para considerações de confiabilidade humana não será o estudo de erro humano como um tópico separado, mas sim o estudo do comportamento humano normal em reais situações de trabalho e os mecanismos envolvidos na adaptação e aprendizagem.
- ≡≡ Neste caso, confiabilidade de MMI não será considerada da mesma maneira que a confiabilidade de desempenho humano ou cognição humana, mas sim como um assunto onde o

MMI constitui um contexto ao invés de um enfoque. A confiabilidade de cognição humana ainda representa um papel crucial, porém, não deve ser tratada isoladamente.

**c) Em relação às metáforas para operadores e sobre o sistema sensitivo humano:**

- ☞☞ Que a ênfase (implícita) em modelos de desenvolvimento de tarefas mentais, como os mecanismos envolvidos em adaptação e aprendizagem sejam considerados, mesmo que o otimismo seja reduzido;
- ☞☞ É comum a referência a um modelo do operador, mas no exato sentido, um modelo não é igual a uma metáfora. Duas das três metáforas mencionadas, são também base para modelo de operador típico, enquanto a terceira corresponde a um paradigma;

**d) Em relação às limitações de natureza física:**

Dentro do processo de projeto, deverão ser inseridos e observados itens que:

- ☞☞ Proporcionem ao operador trabalhar em uma posição cômoda;
- ☞☞ Observem as limitações do operador/mantenedor (tamanho, idade, força, etc.), como por exemplo o fato de manter-se a 25% da capacidade muscular máxima, possibilitará ao mesmo trabalhar sem cansaço durante um longo período;
- ☞☞ Garantam descansos frequentes e de curta duração;
- ☞☞ Garantam ao trabalhador avaliar a própria capacidade de reação, que sempre necessitará mais de 1/3 de segundo;
- ☞☞ Garantam a utilização de procedimentos de trabalho e posições do corpo para manusear cargas, segundo os seguintes princípios: proteger mãos e pés de possíveis acidentes por contato ou devido à queda de objetos; buscar uma base firme de apoio para os pés de forma que sejam evitados desequilíbrios; não ultrapassar o nível de carga de cada indivíduo, utilizando, sempre que possível, ajuda mecânica;
- ☞☞ Nos controles e postos de contato do homem com a máquina, que garantam o respeito às condicionantes ergonômicas (dimensionais e outros), de forma que o indivíduo consiga um manejo seguro da máquina. Em qualquer dos casos, deve ser condição indispensável que o posto de comando inclua: alavancas e pedais de comando situados de forma acessíveis ao posto de trabalho; esforços de acionamento compatíveis com o tipo de trabalho e proporcionais ao elemento do corpo pelo qual deve ser acionado; resposta da máquinas aos controles em sentido lógico de ação que o desencadeia; associação das cores dos dispositivos de comando às de controle de situações de perigo, advertência ou segurança (amarelo, verde ou vermelho, etc.); apoios e assentos confortáveis com a posição de trabalho e ajustáveis ao peso e dimensões do indivíduo que os ocupa; acesso cômodo e seguro, com apoio para mãos e pés;

☞☞ Que o conjunto de cada posto de controle conte com um bom sistema de comunicação entre o homem e a máquina, portanto, devem haver: uma observação geral da situação e comportamento da máquina (posição, velocidade, etc.); indicadores dos parâmetros de funcionamento (posição, velocidade e outros); nível sonoro que relacione-se com o grau de carga; sensibilidade dos controles sobre o nível de carga e sobre as respostas de suas ações; adaptação do posto de condução ao indivíduo.

☞☞ Que sejam levados em consideração aspectos relacionados com o campo de visão do operador/mantenedor, que dependem de: uma iluminação adequada; do tamanho do objeto e da claridade; da cor e do contraste entre o objeto e o fundo que o rodeia; da estabilidade do objeto sob visão.

☞☞ Que sejam levados em consideração, dentro do possível, aspectos relacionados à proteção dos ouvidos do operador/mantenedor, que dependem de: conceber máquinas com baixo nível de emissão sonora; conceber cabinas com isolamento acústico nos postos de trabalho; colocar barreiras acústicas nas máquinas estacionárias que atuem como fonte de emissão sonora.

**e) Em relação à limitações de natureza fisiológica:**

☞☞ Proporcionar descansos periódicos de acordo com a natureza do trabalho;

☞☞ Para a proteção dos olhos deverão ser utilizados óculos protetores do tipo adequado ao trabalho a ser desenvolvido;

☞☞ Proteger o sistema respiratório;

☞☞ Reduzir o efeito das temperaturas extremas;

☞☞ Reduzir os efeitos das vibrações,

☞☞ Reduzir o efeito fisiológico do ruído;

**f) Em relação às limitações de natureza psicológica:**

Muitas das reações do indivíduo, como tocar uma superfície quente ou potencialmente perigosa, não são facilmente compreensíveis sem realizar uma investigação psicológica profunda.

Os fatores psicológicos que interferem no trabalho, como atitudes, emoções, caráter, entre outros, não se muda com facilidade, porém são potencialmente perigosos.

A forma de prevenir os riscos derivados de fatores psicológicos é relacionada à seleção do pessoal e sua preparação para um determinado trabalho. Assim, dever-se-á:

☞☞ Evitar pessoas apáticas em postos de trabalho que, com suas atitudes, possam ser causa de acidentes graves;

☞☞ Não deixar que as pessoas que “gostam de aparecer” trabalhem com equipamentos que possam lhes causar danos ou aos demais membros da equipe.

**g) Em relação a erro humano**

Entender os processos que controlam o erro, possibilita melhor desenvolver o modelo de desempenho humano para incluir fatores de prevenção e correção de erro. Modelos de bons usuários podem ser valiosos no projeto de interface com o operador a fim de desenvolver regimes de capacitação adequados. Eles também podem ser usados em estudos de confiabilidade humana, para quantificação de probabilidades de correção de seus erros e sua incorporação na análise de risco. Porém, a correção de erro não pode ser vista como uma meta de segurança independente separada da prevenção do erro. Assim sendo, projetistas de sistemas deverão pensar de antemão todos os possíveis modos para prevenir erros ao invés de focar somente em erro humano a fim de compensar qualquer falha residual de projeto. A focalização em correção não deve negligenciar o projeto centrado no usuário desde seu início.

**h) Em relação ao propósito do capítulo**

Como apresentado, o objetivo central deste trabalho é sistematizar o processo de projeto para a segurança de produtos, considerando dados, informações e experiências para o desenvolvimento de ferramentas de apoio ao projeto seguro de máquinas agrícolas. Assim, neste capítulo procurou-se sistematizar aspectos diversos das variáveis, metodologias e informações requeridas para o tratamento de requisitos requeridos para o projeto seguro.

É objeto incorporar os aspectos aqui apresentados no bojo da metodologia, contemplando sua inclusão ao produto a ser desenvolvido, ainda na fase de projeto informacional e conceitual a partir de interfaces apropriadas e facilitadoras da ação do projetista.



# Capítulo 5 – METODOLOGIA DE PROJETO PARA A SEGURANÇA: FASES INFORMACIONAL E CONCEITUAL DO PROJETO.

## 5.1 – INTRODUÇÃO

Este capítulo possui por objetivo apresentar a estruturação da metodologia de projeto para o desenvolvimento de máquinas agrícolas seguras baseando-se fundamentalmente em orientações e procedimentos que auxiliarão a equipe de projeto na inclusão de itens que garantam a segurança visando a redução de riscos de acidentes a que estão sujeitos os usuários destes equipamentos.

Como já enfatizado, esta tese se estrutura em dois pontos fundamentais:

- ✍ Admite-se que o perigo é inerente a todo o sistema técnico;
- ✍ Considera-se que é no projeto do produto que se deva implementar todas as barreiras e salvaguardas necessárias para não permitir que o perigo possa interagir com os eventos detonadores.

Estas barreiras e salvaguardas, segundo a proposta deste trabalho, devem ser priorizadas nas primeiras fases do processo de projeto, ou seja, projeto informacional e conceitual, por que é nestas fases que são decididos os requisitos, princípios de solução, conceitos da máquina, entre outros. Evento detonador pode ser uma não conformidade resultante da ação humana, falha técnica ou evento externo (meio ambiente, por exemplo) que ao combinar-se com um perigo existente no sistema técnico pode deflagrar um incidente ou acidente.

Assim sendo, serão apresentados neste capítulo, caminhos, ferramentas e métodos facilitadores e potencializadores para a implementação destas barreiras e salvaguardas visando o desenvolvimento de produtos mais seguros.

## 5.2 – VISÃO GERAL DA METODOLOGIA

A Figura 5.1 apresenta uma visão geral da metodologia para a segurança, de uma forma macro, a fim de, a partir dela, detalhar as atividades, documentos e ferramentas, consideradas e/ou desenvolvidas, nas fases de projeto informacional e conceitual.

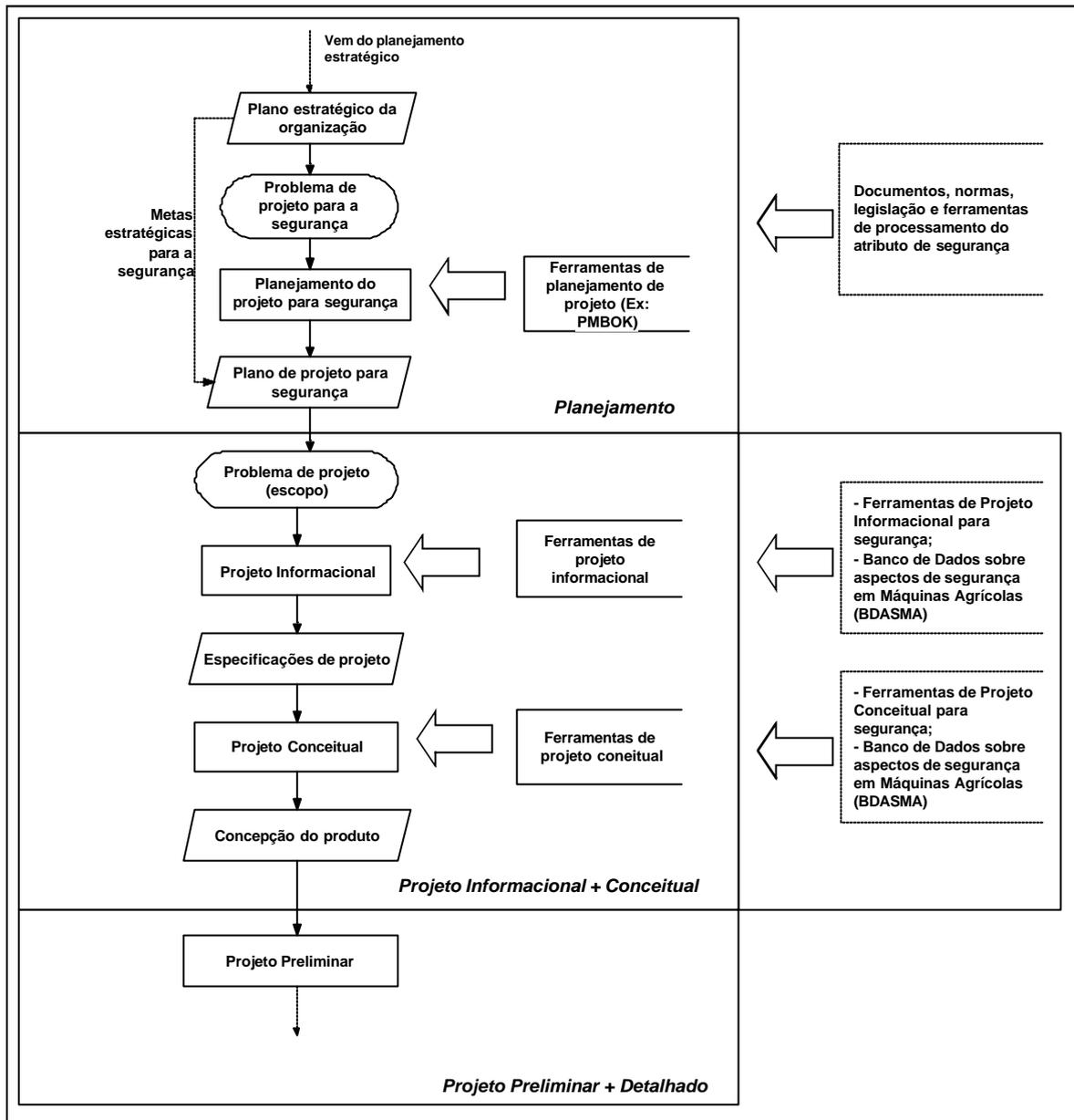


FIGURA 5.1 – Visão geral da metodologia para a concepção de máquinas agrícolas seguras.

A Figura 5.1 apresenta na primeira coluna as principais fases do processo de projeto e, na segunda, as contribuições que serão oferecidas por esta tese, que se concentrará, como já enfatizado, nas fases de projeto informacional e conceitual (módulo central). Algumas contribuições também serão oferecidas na fase de planejamento do produto (módulo superior).

Hammer (1993), no que ele denominou de análises de pré-projeto, é enfático ao afirmar que o plano estratégico da empresa é determinante para que o atributo segurança seja considerado e inserido no projeto do produto. Logo, na fase de *planejamento* esta tese oferecerá o levantamento de legislação, normas, documentos e ferramentas de processamento do atributo de segurança a fim de que o mesmo seja incorporado ao processo de projeto a partir do plano estratégico da organização.

Para as fases de projeto informacional e conceitual (módulo central) as contribuições desta tese serão: o desenvolvimento de um banco de dados sobre aspectos de segurança em máquinas agrícolas e de ferramentas para auxiliar ao projetista na inclusão do atributo segurança durante a realização de diversas tarefas que compõem as atividades relacionadas com as duas fases do processo de projeto em que se desenvolverá este estudo.

### 5.2.1 – Recursos básicos

Na aplicação da metodologia são feitas referências a documentos e ferramentas. Os documentos e ferramentas citados foram considerados necessários para uma melhor sistematização do desenvolvimento e orientação para os aspectos da segurança. Outros documentos e ferramentas podem ser necessários dependendo da empresa e produtos desenvolvidos.

#### a) Documentos

Os documentos são todos os registros efetuados em cada etapa, fase ou atividade do desenvolvimento do produto que possibilitam recuperar todas as informações processadas e analisar de como foi o desenvolvimento de um determinado produto. Portanto, devem ser gerados em pontos estratégicos para que possam indicar os caminhos que foram seguidos.

Na fase de projeto informacional, muitos documentos devem ser gerados, pois é nessa fase que decisões importantes são tomadas.

A Tabela 5.1 detalha resumidamente os documentos recomendados durante o desenvolvimento, sendo que em alguns casos são feitas referências bibliográficas, para um maior aprofundamento sobre o assunto, que foge ao escopo desta tese.

**TABELA 5.1** – Lista de documentos sugeridos na metodologia de projeto para a segurança.

CÓDIGO DO INSTRUMENTO DE APOIO	DOCUMENTO	COMENTÁRIOS
D 1	Ordem de serviço	Documento destinado a registrar as primeiras declarações sobre o que se deseja projetar (Maribondo, 2000).
D 2	Ciclo de vida do produto	Determina os vários clientes envolvidos no ciclo de vida de um produto e suas necessidades, assim como também verifica etapas percorridas até o descarte (Maribondo, 2000).
D 3	Catálogo de informações técnicas	Documento destinado a registrar e organizar as informações técnicas sobre o projeto em estudo, visando facilitar a busca e o uso de informações úteis para o desenvolvimento do novo produto (Maribondo, 2000).
D 4	Formulário de identificação de oportunidades	Documento destinado a registrar as oportunidades técnicas e comerciais para o lançamento de um produto (Maribondo, 2000).
D 5	Definição do problema de projeto	Documento no qual a equipe de projeto registra o objetivo e as metas a serem atingidas com o desenvolvimento do projeto (Maribondo, 2000).
D 6	Questionário estruturado de pesquisa	Técnica de levantamento de dados ou informações. Consiste em questionários ordenados logicamente, exigindo pesquisa sobre o assunto e estudo de uma estratégia de perguntas (Maribondo, 2000).
D 7	Lista de requisitos de projeto	Resultado de uma pesquisa efetuada na literatura visando obter e identificar a “voz da engenharia”. Ou seja, são dados ou informações que envolvem números e magnitudes. Portanto, devem ter a eles associados algum valor e uma unidade de medida.
D 8	Quadro de especificações do projeto	Documento destinado a registrar de modo explícito como cada requisito de projeto deve ser atendido (Maribondo, 2000).

**TABELA 5.1 (cont.)** – Lista de documentos sugeridos na metodologia de projeto para a segurança.

<b>CÓDIGO DO INSTRUMENTO DE APOIO</b>	<b>DOCUMENTO</b>	<b>COMENTÁRIOS</b>
<b>Dk</b>	Outros	.....
<b>D 15</b>	Catálogo de informações de mercado	Documento destinado a registrar as informações de mercado sobre o produto em estudo. Visa mapear mercados, principais concorrentes, produtos alternativos, participações no mercado (Maribondo, 2000).
<b>DOCUMENTOS GERADOS NESTE TRABALHO</b>		
<b>D 16</b>	Lista de restrições de projeto	É o resultado de uma pesquisa efetuada na legislação, Normas Regulamentadoras, Norma Regulamentadora Rural e na literatura especializada visando obter e identificar aspectos que são de observância obrigatória em relação à segurança no projeto do produto.

**b) Ferramentas**

Possibilitam, de forma sistematizada, o uso de técnicas especiais para se obter determinadas respostas, necessárias ao longo do desenvolvimento de determinado produto.

A Tabela 5.2 apresenta as ferramentas sugeridas, para uso no desenvolvimento de um produto seguro, de acordo com a metodologia para a segurança.

**TABELA 5.2** – Ferramentas sugeridas para uso no desenvolvimento de um produto seguro de acordo com a metodologia para a segurança.

<b>CÓDIGO DO INSTRUMENTO DE APOIO</b>	<b>FERRAMENTA</b>	<b>COMENTÁRIOS</b>
<b>F 1</b>	Tradutor das necessidades dos clientes em requisitos de projeto	Ferramenta destinada a capturar e interpretar os desejos e necessidades dos clientes. Emprega as respostas brutas dos clientes transformando-as em informações úteis ao desenvolvimento do projeto (Maribondo, 2003).
<b>F 2</b>	Análise dos produtos concorrentes	Ferramenta destinada a auxiliar a equipe de projeto a fazer uma análise de valor dos produtos concorrentes com respeito a determinados requisitos do cliente (Maribondo, 2000).
<b>F 3</b>	Matriz da casa da qualidade	Ferramenta de auxílio à equipe de projeto no relacionamento das necessidades dos clientes com as características técnicas do produto, na forma de requisitos de projeto. Permite comparações com concorrentes e hierarquização de requisitos (Fonseca, 2000).
<b>F 4</b>	Síntese Funcional	Ferramenta que visa formular um problema exposto verbalmente em uma função global e suas variantes, assim como as estruturas de funções (Maribondo, 2000).
<b>F 5</b>	Geração de alternativas de projeto	Ferramenta baseada na síntese funcional que visa determinar produtos derivados e portfólio de produtos, de acordo com a estratégia da empresa (Machado Neto, 2002).
<b>F 6</b>	Matriz de concepção do produto	Ferramenta de auxílio a geração das concepções alternativas do produto (Maribondo, 2000).
<b>F 7</b>	Avaliador das concepções construtivas	Ferramenta de auxílio à escolha da melhor alternativa de construção (Maribondo, 2000).
<b>Fk</b>	Outras	.....
<b>FERRAMENTAS GERADAS NESTE TRABALHO</b>		
<b>F 17</b>	Análise da conformidade com a segurança	Ferramenta destinada a auxiliar a equipe de projeto a fazer uma análise da conformidade com a segurança no REPROJETO para a segurança de máquinas.
<b>F 18</b>	Caracterização do ambiente operacional do produto	Ferramenta destinada a auxiliar a equipe de projeto a caracterizar o ambiente operacional do produto, com foco na segurança do usuário.

**TABELA 5.2 (Cont.)**– Ferramentas sugeridas para uso no desenvolvimento de um produto seguro de acordo com a metodologia para a segurança.

<b>CÓDIGO DO INSTRUMENTO DE APOIO</b>	<b>FERRAMENTA</b>	<b>COMENTÁRIOS</b>
<b>FERRAMENTAS GERADAS NESTE TRABALHO (cont.)</b>		
<b>F 19 (BDASMA)</b>	Banco de Dados sobre Aspectos de Segurança em Máquinas Agrícolas	Ferramenta destinada a armazenar e também permitir a rápida e fácil consulta sobre aspectos relativos à segurança em máquinas agrícolas, sendo os mesmos relacionados a atributos, legislação, NR's e NRR entre outros.
<b>F 20</b>	Lista de verificação para averiguar se os requisitos e restrições contemplam as estratégias da empresa para a segurança do produto.	Ferramenta destinada a auxiliar a equipe de projeto a verificar se os requisitos e restrições contemplam as estratégias da empresa para a segurança do produto.
<b>F 21</b>	Ferramenta para análise da função global com foco na segurança do produto	Ferramenta destinada a auxiliar a equipe de projeto a identificar os potenciais perigos que poderão surgir, para cada tipo de energia, material e sinal sugerido para o produto.
<b>F 22</b>	Matriz de relacionamento entre restrições e princípios de solução para a segurança para atender a estas restrições	Ferramenta de apoio às ferramentas F 23 e F 25, para auxiliar a equipe de projeto na busca de princípios de solução para a segurança, vinculados a cada atributo de segurança e às restrições que o mesmo apresenta.
<b>F 23</b>	Ferramenta para análise da estrutura de funções com foco na segurança	Ferramenta de auxílio à equipe de projeto para análise da estrutura de funções com foco na segurança do produto, que sugere princípios de solução com foco na segurança para cada função do produto.
<b>F 24</b>	Matriz de relacionamento de restrições com princípios de solução	Ferramenta destinada a auxiliar a equipe de projeto a identificar as restrições existentes para cada princípio de solução encontrado.
<b>F 25</b>	Ferramenta para auxiliar na escolha das melhores alternativas de concepção para o problema de projeto e seus respectivos princípios de solução para a segurança	Matriz morfológica de relacionamento entre os princípios de solução e os princípios de solução para a segurança, a fim de auxiliar a equipe de projeto na escolha da melhor concepção para o problema de projeto levando em consideração aspectos pertinentes à segurança do usuário.

### 5.3 – PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DA EMPRESA EM RELAÇÃO À SEGURANÇA DO PRODUTO

O planejamento estratégico da empresa em relação à segurança do produto, via de regra está centrado em duas referências principais. São elas:

≡≡A filosofia da empresa, na qual estão pontuados os conceitos e metas a serem atingidas no que tange à segurança humana no desenvolvimento e manipulação dos produtos, assim como os conceitos referentes à segurança do produto e em relação ao meio ambiente;

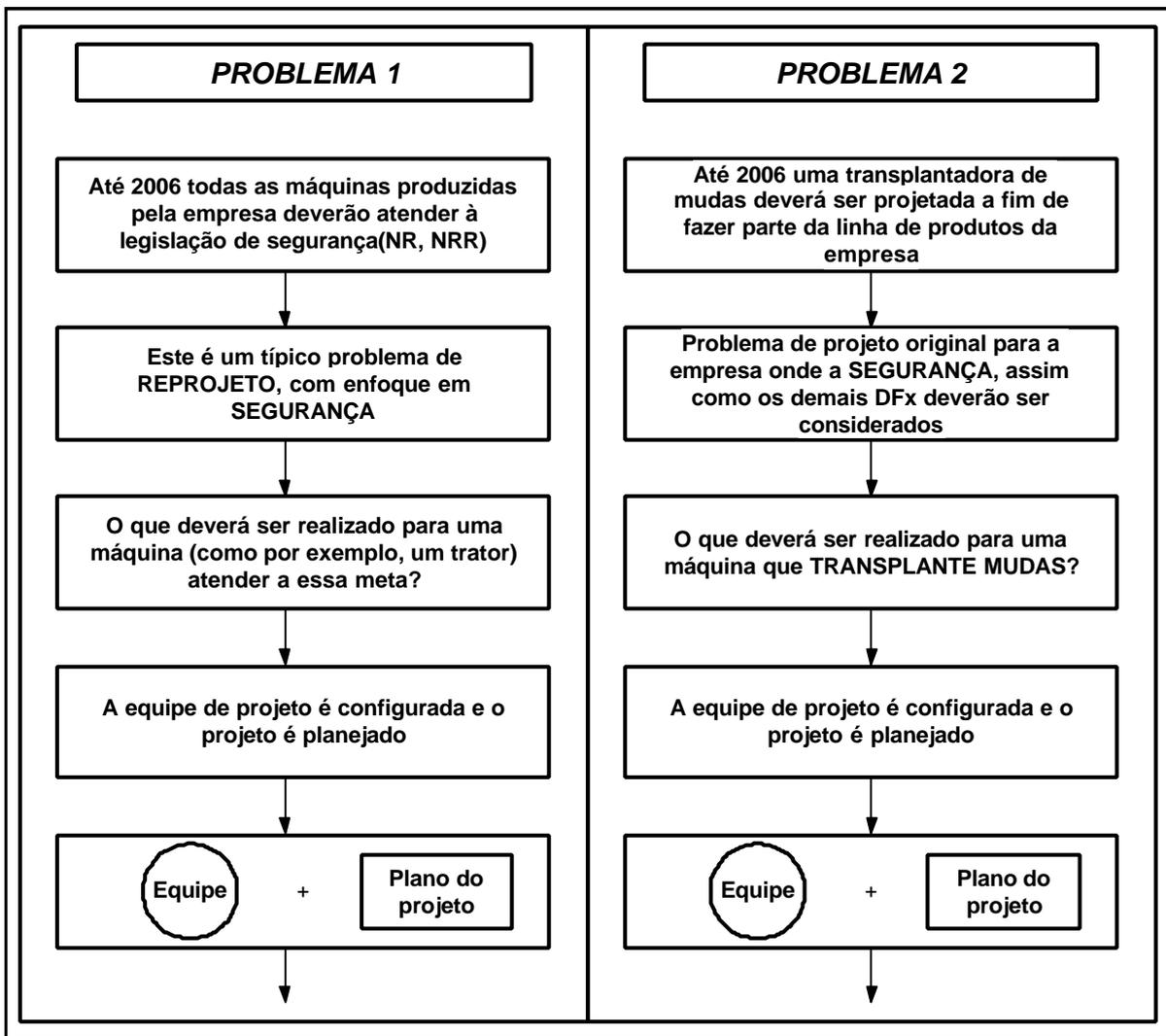
≡≡≡ A política de segurança na qual se define como as metas serão atingidas.

Com relação à primeira referência, será desenvolvido um exemplo que contempla dois casos distintos, a fim de melhor explicá-la, assim como também, propor ferramentas que auxiliem a equipe na avaliação do projeto do produto.

**Exemplo:**

Em ambos os casos parte-se do princípio que a equipe de projeto possua um banco de dados estruturado que contenha de forma sistematizada, legislação, normas regulamentadoras e normas técnicas relativas à segurança.

A Figura 5.2 apresenta um exemplo com dois problemas de projeto distintos que potencialmente podem ser originados no planejamento estratégico da empresa.



**FIGURA 5.2** – Exemplos de problemas de projeto que potencialmente podem ser originados no planejamento estratégico da empresa.

Assim sendo, para definir em ambos os casos as especificações de projeto e a concepção da máquina deve-se:

**PROBLEMA 1 – Reprojeto ou reavaliação de um produto**

- ☞ Trator é uma máquina existente;
- ☞ A empresa quer adequar o trator ao que determina a lei e, por consequência, às normas;
- ☞ Verificação a ser desenvolvida: Aspectos em que a máquina (no caso do exemplo, o trator, sistemas ou subsistemas dele) encontra-se de acordo ou em desacordo com as normas;
- ☞ Como se partiu do pressuposto que existe um banco de dados sobre aspectos de segurança em máquinas agrícolas, então é possível propor uma ferramenta para análise da conformidade do trator com estes aspectos.

A Figura 5.3 apresenta a ferramenta de análise da conformidade com a segurança no reprojeto de máquinas, a ser utilizada antes de iniciar a fase de projeto informacional, logo após ser exposto o problema de projeto.

CONFORMIDADE COM A SEGURANÇA (TRATOR)					
SISTEMAS	ATRIBUTOS	CONSTATADO	DETERMINADO PELA LEI/NORMAS (Conforme BDASMA)	PONTUAÇÃO DADA PELA EQUIPE DE PROJETO	%
Estrutura	Anticapotamento	Com estrutura anticapotamento	Todos devem possuir estrutura anticapotamento	5	100
	Peças móveis sem proteção	Algumas peças móveis não possuem proteção	Todas devem possuir proteção	1	20
Motor	Ruído	87 dB(A)	85 dB(A)	3	60
Transmissão	Proteção	Sem proteção	Com proteção	0	0
Controles	Sinalização	Apresentam sinalização diferente do que determinam as normas	.....	1	20
Etc.	.....	.....	.....	.....	.....
<b>MÉDIA</b>				2	40

**FIGURA 5.3** – Ferramenta para a análise da conformidade com a segurança (F17).

**LEGENDA:**

PONTUAÇÃO	CONFORMIDADE	PERCENTUAL (%)
5	Conforme	100
3	Médio	60
1	Fraco	20
0	Não atende	0

Embora, de acordo com a lei necessite-se possuir 100% de conformidade, esta ferramenta, além de orientar a equipe para os itens de segurança que deverão ser considerados, também sinaliza o quanto cada item necessita ser melhorado a fim de que o equipamento esteja totalmente de acordo com as determinações legais e, por consequência, com as normas.

Assim sendo, de acordo com a Figura 5.3, a equipe de projeto poderia constatar que o trator só atende a aproximadamente 40% das determinações de segurança exigidas por lei.

**PROBLEMA 2 – Desenvolvimento de um novo produto**

- ☞ Existe a necessidade de desenvolver uma máquina que transplante mudas;

- ⚡ Foi identificado um “nicho” de mercado no setor agrícola, no que concerne ao transplante de mudas;
- ⚡ A empresa deseja um produto novo, que considere todos os aspectos (DFx), inclusive segurança;
- ⚡ A equipe de projeto, entre outros, necessita: Levantar e organizar as necessidades, definir e priorizar os requisitos, definir as especificações;
- ⚡ Pressupõe-se que existe um banco de dados sobre aspectos de segurança em máquinas agrícolas. Este banco de dados é constituído de normas, regulamentações e leis como o disposto no Decreto 1.255 (Brasil, 1994) e descrito no Capítulo 7. Isso significa que existem *determinações* legislativas que deverão ser observadas no projeto do produto. Então, com base nestas *determinações*, sem a necessidade de hierarquização (visto que é determinação da Lei), após ter sido definido o quadro de especificações de projeto, ao final da fase de projeto informacional, deverão ser incluídas as *restrições de segurança*.

A Figura 5.4 exemplifica algumas *determinações* extraídas do Decreto 1.255 (Brasil, 1994 – existente no BDASMA) que, além de contê-las, também determina que as Normas de Segurança e Higiene (NR's e NRR) são de observância obrigatória.

FONTE	DETERMINAÇÃO
Brasil (1994)	Todos os parafusos de meia rosca, parafusos de fixação e chaves, assim como outras peças que formem saliências nas partes móveis das máquinas que forem suscetíveis igualmente de apresentarem perigo para as pessoas que entrarem em contato com as mesmas, quando estiverem em movimento deverão ser projetados embutidos ou protegidos a fim de prevenir esses perigos.
Brasil (1994)	Todos os volantes, engrenagens, cones ou cilindros de fricção, excêntricos, polias, correias, correntes, pinhões, roscas sem fim, bielas e corrediças, assim como os trastes (inclusive as extremidades) e outras peças de transmissão que forem suscetíveis igualmente de apresentar perigo para as pessoas que entrarem em contato com esses elementos quando estes estiverem em movimento deverão ser projetados ou protegidos a fim de prevenir estes perigos. Os controles das máquinas deverão ser projetados ou protegidos a fim de prevenir qualquer perigo.
Brasil (1994)	As máquinas deverão ser protegidas de maneira que a regulamentação e as normas nacionais de segurança e de higiene de trabalho sejam respeitadas.
NRR	Os fabricantes de máquinas, equipamentos e implementos ou seus representantes devem disponibilizar catálogos e manuais de instrução contendo, no mínimo: <ul style="list-style-type: none"> <li>a) a especificação dos riscos;</li> <li>b) os níveis de ruído e vibração gerado nas condições normais de operação;</li> <li>c) as formas corretas de prevenção de acidentes e doenças;</li> <li>d) os riscos ambientais;</li> <li>e) o conteúdo programático e mínimo para o treinamento dos operadores.</li> </ul>
NRR	As máquinas, equipamentos e implementos, devem atender aos seguintes requisitos: <ul style="list-style-type: none"> <li>a) utilizados unicamente para os fins concebidos, segundo as especificações técnicas do fabricante;</li> <li>b) operados somente por trabalhadores treinados e qualificados para tais funções;</li> <li>c) fabricados e comercializados com sistemas de proteção adequados;</li> <li>d) utilizados dentro dos limites operacionais e restrições indicados pelos fabricantes.</li> </ul>

**FIGURA 5.4** – Exemplos de determinações extraídas da Legislação e Normas Regulamentadoras, existentes no BDASMA.

Com relação à segunda regra, propõe-se uma *lista de verificação* (F 20) que deverá ser aplicada após terem sido definidas as *especificações e restrições de segurança* do projeto a fim de averiguar se os *requisitos* e as *restrições* contemplam as estratégias da empresa para a segurança, definidas no início do projeto.

#### **5.4 – FASE INFORMACIONAL PARA O PROJETO SEGURO**

No projeto informacional faz-se a pesquisa necessária para bem caracterizar o problema, neste caso, dotar a máquina de todos os aspectos associados com o atributo de segurança. Assim sendo, serão utilizadas todas as ferramentas, técnicas, recursos de “*hardware*” e de “*software*” para levantar os requisitos e necessidades referentes ao projeto de máquinas agrícolas.

A Figura 5.5 representa a sistematização da metodologia na fase de projeto informacional. Dentre as principais ferramentas e documento propostos (sob o enfoque da segurança) estão: *Ferramenta para a caracterização do ambiente operacional do produto* (F 18), que se relaciona com a tarefa 1.1.3; *Banco de dados sobre aspectos de segurança em máquinas agrícolas* (BDASMA – F 19), que se relaciona, principalmente, às tarefas 1.1.5 e 1.5.2; *Lista de verificação para averiguar se os requisitos e restrições contemplam as estratégias da empresa para a segurança do produto* (F 20), associada à tarefa 1.6.1 e *Lista de restrições de projeto* (D 16), vinculado à tarefa 1.5.2.

Para uma melhor compreensão da metodologia proposta, a seguir serão apresentadas as atividades e suas respectivas tarefas que compõem a fase de projeto informacional, descrevendo as ferramentas e documentos necessários para executá-las, dando especial destaque para as que possuem foco na segurança do produto.

##### **5.4.1 – Busca de informações sobre o problema de projeto**

O objetivo desta atividade é de coletar informações que auxiliem os projetistas a conhecer melhor o problema de projeto.

Os documentos e ferramentas de apoio ao estabelecimento desta atividade devem ser utilizados de maneira simultânea, isto é, deve-se delegar ações para os membros da equipe de projeto no sentido de que eles busquem de forma paralela as informações necessárias para o preenchimento do catálogo de informações técnicas, realizar a análise dos produtos concorrentes, caracterizar o ambiente operacional do produto, definir o ciclo de vida do produto e identificar normas para a segurança.

Com tais informações em mãos, passa-se à atividade de identificação das necessidades de projeto / requisitos do usuário.

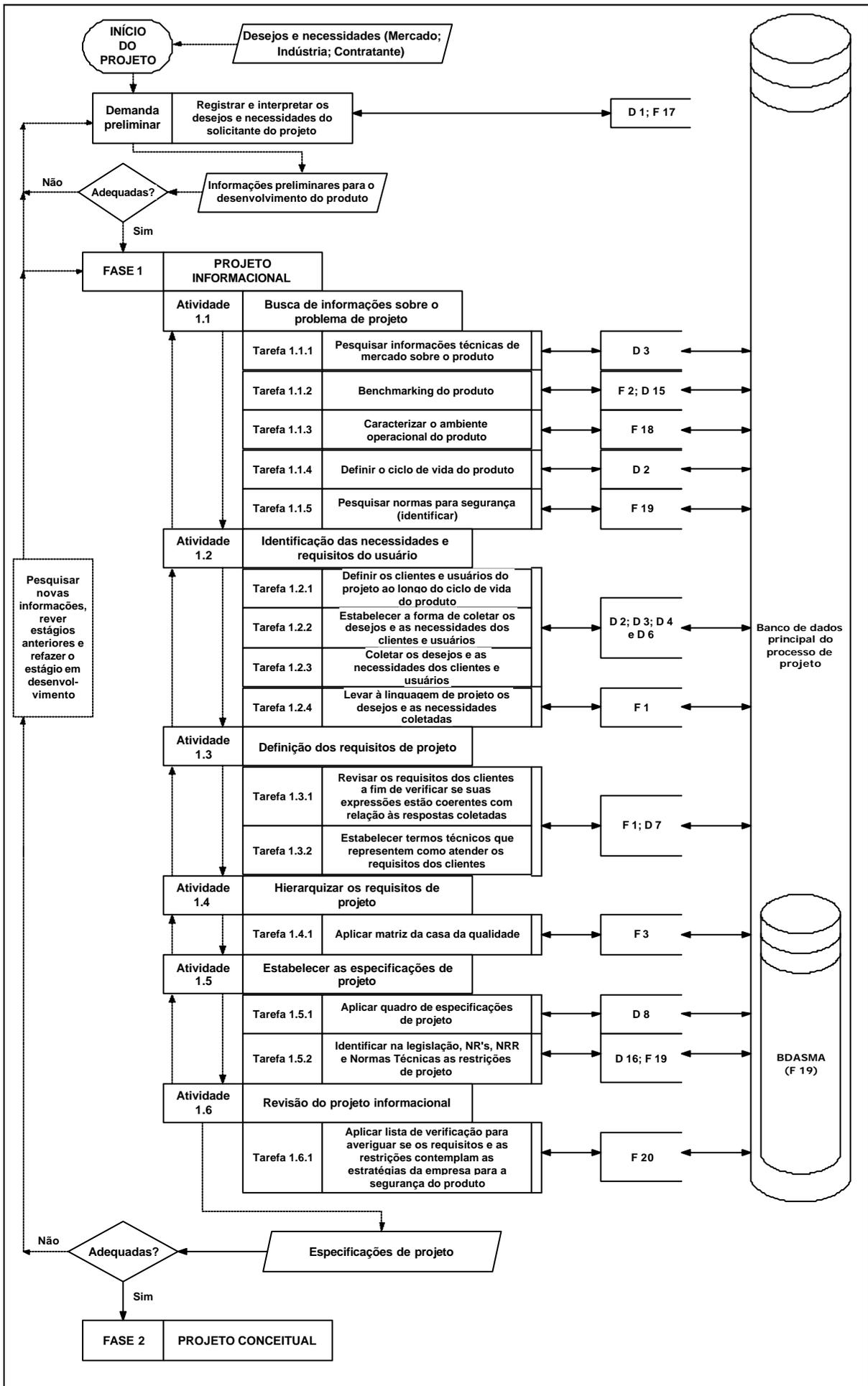


FIGURA 5.5 – Projeto informacional para a segurança

#### **5.4.1.1 - Pesquisar informações técnicas de mercado sobre o produto**

Tarefa destinada a registrar e organizar as informações técnicas sobre o projeto em estudo, visando facilitar a busca e uso de informações úteis para o desenvolvimento do novo produto.

Sob este enfoque, Maribondo (2000) sugere o *catálogo de informações técnicas* (D3) que apresenta campos destinados a auxiliar a equipe de projeto a descrever a missão principal do produto que se deseja projetar; a descrever como o objeto de projeto executa sua missão principal; a descrever quais são os meios utilizados para que o objeto de projeto possa executar sua missão principal; a identificar os parâmetros de projeto que auxiliam os modelos existentes no mercado a serem mais competitivos que outros, além de outros campos destinados a registrar as fontes de pesquisa sobre o assunto em estudo e os parâmetros que podem influenciar no desenvolvimento destes projetos.

#### **5.4.1.2 - Benchmarking do produto**

O objetivo desta tarefa é desenvolver ações visando analisar os sistemas concorrentes frente ao produto em desenvolvimento. É nesta tarefa que se determina qual o sistema concorrente a ser superado e estabelecem-se os parâmetros competitivos a serem alcançados pelo projeto em estudo.

Em apoio a esta tarefa, Maribondo (2000) sugere a utilização da ferramenta para *análise dos produtos concorrentes* (F 2) e do *catálogo de informações de mercado* (D 15).

A *análise dos produtos concorrentes* é uma ferramenta destinada a auxiliar a equipe de projeto a estabelecer o produto meta a ser superado pelo projeto em estudo e o *catálogo de informações de mercado* é o documento destinado a registrar as informações de mercado sobre o produto em estudo, visando mapear mercados, principais concorrentes, produtos alternativos, participações no mercado, entre outros.

Concluída esta tarefa, listam-se as qualidades e os aspectos a serem atingidos e/ou superados com o produto em desenvolvimento.

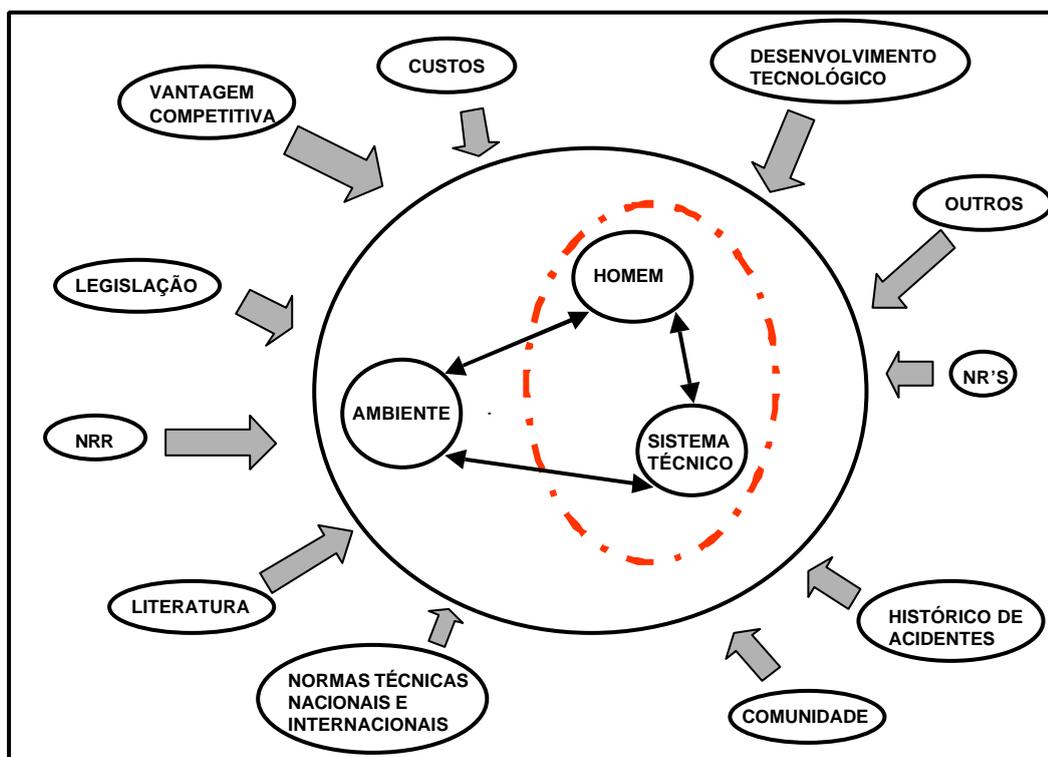
#### **5.4.1.3 - Caracterização do ambiente operacional do produto**

Esta é uma tarefa que foi desenvolvida com foco na segurança do produto e que tem base na teoria multi causal de acidentes, já descrita e discutida no Capítulo 4.

Como o objetivo principal desta tese é garantir a segurança do usuário, embora existam fortes interações entre homem/meio e meio/sistema técnico (máquina), a ferramenta desenvolvida (F 18) focalizará o relacionamento *homem/sistema técnico* (máquina) (Figura 5.6). A linha tracejada que envolve o sistema homem/máquina estabelece as fronteiras deste estudo. O propósito é construir um “campo de prevenção” que garanta ou reduza os riscos de acidentes em operação e manutenção, no ciclo de vida do produto, através do levantamento de aspectos que devem ser considerados no projeto da máquina. Portanto, a Figura 5.6 apresenta algumas pressões externas para que o atributo segurança seja considerado no projeto do produto, com especial destaque na interação homem/máquina. Entende-se que as barreiras ou salvaguardas que devem fazer parte dos sistemas técnicos, desde os primeiros estudos para desenvolvimento do produto, devem ter suas estruturas fundamentadas nos documentos, leis, normas e nos vários parâmetros, como os que estão apresentados na Figura 5.6. A importância destes parâmetros foi destacada nos capítulos de revisão e fundamentação teórica.

A Figura 5.7 apresenta um exemplo de como realizar a caracterização do ambiente operacional do produto com foco no relacionamento homem/máquina.

Como é possível constatar portanto, através do fluxo de energia, material e sinal e apoiada nas exigências que surgem das pressões externas, as soluções técnicas resultantes do uso desta ferramenta proporciona à equipe de projeto a caracterização do ambiente operacional do produto.



**FIGURA 5.6** – Interfaces do atributo de segurança no contexto homem/Máquina/Ambiente e pressões externas.

CARACTERÍSTICAS	DESCRIÇÃO	OCORRÊNCIA	TÍPICAS NECESSIDADES	SUGESTÃO DE FONTES DE CONSULTA
ENERGIA	Se o homem recebe energia da máquina, dependendo de seu tipo e sua intensidade, pode ocorrer:	Fadiga	Diminuir intensidade da energia	Iida (1993); Alonço (1999); Carpes Júnior (2001); Hammer (1993); NRR; NR's.
		Incômodo	Isolar o homem desta energia	
		Lesões	.....	
		Etc.	.....	
MATERIAL	Durante a operação pode haver fluxo de material: plantas, sementes, adubo, produtos químicos, solo, etc.	Lesões	.....	Márquez (1997); Márquez (1999); NRR; NR's.
		Confusão mental	Escolher o material adequado	
		Etc.	.....	
SINAL	Informação sonora, luminosa, formas, cores, digital, etc.	Confusão mental	Utilizar sinais padronizados e conhecidos	Iida (1993); Filho (2000); NRR; NR's.
		Incômodo	.....	
		Etc.	.....	

**FIGURA 5.7** – Caracterização do ambiente operacional do produto com foco na segurança, considerando o relacionamento homem/máquina (F 18).

Esta ferramenta, com base nos fluxos de energia, material e sinal, proporciona que se descreva este fluxo buscando-se quais serão as ocorrências com o usuário para, a partir delas, determinar as *típicas necessidades de segurança* do usuário a serem consideradas no projeto encontradas nas fontes de consulta.

É portanto uma ferramenta que se apóia fortemente no BDASMA (F 19) onde estão registradas algumas destas fontes de consulta. Porém, isto só não basta. É necessário que a equipe de projeto faça uma profunda revisão de literatura a fim de poder determinar as típicas necessidades do usuário a serem consideradas no projeto para cada tipo de produto.

Concluída esta tarefa, êm-se as típicas necessidades de segurança do usuário a serem consideradas no projeto, caracterizando-se assim o ambiente operacional do produto. A partir daí, passa-se a definir o ciclo de vida do produto.

#### 5.4.1.4 - Definição do ciclo de vida do produto

Esta é uma tarefa que se fundamenta no documento (D 2) citado por Maribondo (2000) e que tem a finalidade de apoiar o processo de projeto registrando as necessidades dos vários clientes envolvidos no desenvolvimento de um produto. Ao longo deste ciclo destacam-se: fabricação, montagem, teste, uso e manutenção.

No entanto, mesmo destacando-se as fases citadas anteriormente é preciso mapear todos os caminhos percorridos pelos materiais e os produtos resultantes de cada uma delas, a fim de identificar insumos, poluições e demais informações envolvidas na origem, uso e descarte de tais produtos.

Os dados obtidos fornecerão informações úteis ao desenvolvimento do projeto, no tocante a possíveis reduções de custos de projeto, possibilidade de inovação tecnológica e melhoramentos no desenvolvimento do produto como um todo.

#### **5.4.1.5 – Identificar normas para a segurança**

Esta é uma tarefa introduzida pela *metodologia para a concepção de máquinas agrícolas seguras*, que complementa a tarefa anterior, concluindo a busca de informações sobre o problema de projeto.

É a partir desta tarefa, onde é realizada uma profunda revisão de literatura em busca de legislação, NR's, NRR e de normas técnicas nacionais e internacionais que tratem do atributo de segurança em máquinas. Para auxiliar nesta tarefa foi construído o BDASMA (F 19), que é uma ferramenta eletrônica que contém informações relativas às restrições e recomendações demandadas por leis, normas, regulamentações e dados de especialistas. A concepção da ferramenta, conteúdo e manipulação estão apresentadas no capítulo 7.

Neste trabalho, esta ferramenta é utilizada para suportar, principalmente, as tarefas 1.1.5 e 1.5.2. No primeiro caso, ela pode e deve ser usada para fornecer, de forma sistematizada toda a informação relativa a leis, normas, regulamentações e restrições no âmbito da segurança no campo de máquinas agrícolas. Ela é um facilitador para o projetista estratificar obrigаторiedades legais, restrições e especificações que vão complementar àquelas já definidas através da matriz da casa da qualidade, QFD (tarefa 1.4.1).

Concluída esta tarefa, tem-se levantadas as informações sobre o problema de projeto e, a partir delas, inicia-se a identificação das necessidades de projeto e dos requisitos do usuário.

#### **5.4.2 - Identificação das necessidades e requisitos do usuário**

O objetivo da identificação das necessidades do usuário é empreender ações visando caracterizar o que os clientes de projeto desejam e/ou necessitam, para que o projeto que está sendo desenvolvido seja bem aceito por eles (Maribondo, 2000).

Dentro deste contexto, faz-se uso das informações no ciclo de vida do produto, no catálogo de informações técnicas, na caracterização do ambiente operacional do produto e no resultado encontrado na busca de normas de segurança, a fim de elaborar questionários e entrevistas a serem aplicadas junto aos clientes do projeto.

Entre as tarefas necessárias à coleta de tais informações estão: definir os clientes e usuários do projeto ao longo do ciclo de vida do produto; estabelecer a forma de coletar os desejos e as necessidades dos clientes e usuários e coletar os desejos e as necessidades dos clientes e usuários (Figura 5.5 – Tarefas 1.2.1, 1.2.2 e 1.2.3).

Neste caso, segundo Maribondo (2000), o documento D 2 serve para fornecer as informações sobre os principais clientes do projeto; os documentos D 3 e D4 para fornecer as informações necessárias ao estabelecimento das perguntas dos questionários e o documento D 6, serve como meio de coleta de tais desejos e necessidades.

De posse destes questionários devidamente preenchidos e devolvidos, passa-se a tarefa de estabelecimento dos requisitos dos clientes (Figura 5.5 - tarefa 1.2.4), quando leva-se à linguagem de projeto os desejos e necessidades coletados.

O objetivo da tarefa 1.2.4 (Figura 5.5) é, segundo Maribondo (2000), desenvolver esforços visando traduzir as declarações dos clientes do projeto, muitas vezes na sua forma “bruta”, em informações mais adequadas ao desenvolvimento do produto.

A ferramenta de apoio a esta atividade, segundo Maribondo (2000), é o *tradutor das necessidades em requisitos dos clientes do projeto* (F 1), que é uma ferramenta de projeto destinada a auxiliar os projetistas a capturar e interpretar os desejos e necessidades dos clientes, visando transformá-los em requisitos dos clientes de projeto.

Concluída esta atividade e sendo conhecidos os requisitos do usuário, inicia-se a definição dos requisitos de projeto.

### 5.4.3 – Definição dos requisitos de projeto

O objetivo desta atividade é desenvolver ações visando interpretar os requisitos dos clientes do projeto a fim de incorporá-los ao projeto em desenvolvimento. Ou seja, é nesse momento que se estabelecem as características de engenharia a respeito dos parâmetros, grandezas físicas, funções, restrições e demais declarações envolvidas com relação ao sistema que se quer desenvolver. A intenção neste instante é determinar como atender cada um dos requisitos dos clientes estabelecidos na etapa anterior.

Além das informações contidas na ferramenta F 1, faz-se uso da *lista de requisitos de projeto* (D 7), no auxílio à execução desta atividade.

Estes requisitos, na maioria dos casos, são quantitativos, ou seja, são dados ou informações que envolvem números, métricas e magnitudes. Portanto, quando selecionados no auxílio ao desenvolvimento do projeto devem ter a eles associados algum valor e uma unidade de medida. Porém, Pahl & Beitz (1996), afirmam que tais listas devem ser, sempre que possível, ampliadas e melhoradas a fim de garantir projetos melhores e mais adequados e, para tanto, deve-se incluir não só os requisitos de projeto quantitativos, ligados às necessidades dos clientes do projeto, como também os requisitos de projeto qualitativos, ligados aos desejos desses clientes de projeto.

Concluída esta atividade, passa-se a realizar a hierarquização dos requisitos de projeto.

#### **5.4.4 – Hierarquização dos requisitos de projeto**

O objetivo desta atividade é desenvolver ações visando relacionar os QUE's versus os COMO's a fim de efetuar uma classificação, por grau de importância, dos requisitos de projeto estabelecidos para o desenvolvimento do produto. A ferramenta a ser utilizada em apoio a tal atividade é a *matriz da casa da qualidade* (F 3).

A matriz da casa da qualidade é uma ferramenta que tem o objetivo maior de assegurar a qualidade do produto em cada fase do seu ciclo de vida procurando, entre outros aspectos, além de integrar os vários participantes do projeto, incluir nas decisões tomadas e nas soluções propostas os desejos e as necessidades dos vários clientes envolvidos, direta ou indiretamente, com o desenvolvimento do produto.

Sob esse enfoque esta ferramenta auxilia a equipe de projeto a relacionar o que os clientes necessitam e desejam no novo produto em estudo e as características de engenharia, isto é, como estas necessidades e desejos serão ou poderão ser satisfeitos ou realizados, com o desenvolvimento deste novo produto, sob o ponto de vista técnico. Em outras palavras, é transformar as informações dos clientes em informações e requisitos de engenharia.

Trata-se, portanto, de uma ferramenta de auxílio ao planejamento do problema de projeto, através da transformação dos desejos e necessidades dos clientes em requisitos de projeto para o desenvolvimento do produto.

Concluída esta atividade, passa-se a especificar cada um dos requisitos classificados por grau de importância no auxílio ao desenvolvimento do projeto e a esta especificação junta-se a *lista de restrições de projeto* (D 16).

#### **5.4.5 – Estabelecer as especificações de projeto**

Esta atividade, composta de duas tarefas descritas a seguir, possui como objetivo desenvolver ações visando descrever de forma minuciosa como cada requisito de projeto classificado, a partir da aplicação da ferramenta F 3, deve ser atendido para que os mesmos auxiliem os projetistas no desenvolvimento do projeto. Da mesma forma e nos mesmos moldes, as restrições de projeto deverão ser descritas de forma minuciosa a fim de serem atendidas pelos projetistas no desenvolvimento do projeto.

Em função de sua importância no desenvolvimento do projeto, os documentos D 8 e D 16 devem ser elaborados com a participação de todos que fazem parte da equipe de projeto. É necessário que exista consenso no tocante a cada uma das informações inseridas nos mesmos, pois, elas além de representarem, do ponto de vista da linguagem de projeto, a “voz do consumidor” e a “voz da engenharia”, se destinam a estabelecer o roteiro de desenvolvimento do projeto. Concluída esta atividade, é realizada a revisão do projeto informacional.

#### 5.4.5.1 – Aplicar quadro de especificações de projeto

O objetivo desta tarefa é descrever de forma minuciosa como cada requisito de projeto classificado, a partir da aplicação da ferramenta F 3, deve ser atendido para que os mesmos auxiliem os projetistas no desenvolvimento do projeto.

Segundo Maribondo (2000), o documento de auxílio a esta atividade é o *quadro de especificações de projeto* (D 8), que é destinado a registrar de modo explícito como cada requisito de projeto deve ser atendido para que os mesmos auxiliem no desenvolvimento do problema de projeto.

Neste documento registra-se a ordem de classificação dos requisitos de projeto obtidos com a aplicação da matriz da casa da qualidade (F 3), a denominação, unidade e meta destes requisitos, as especificações dos mesmos e os requisitos que são conflitantes com cada requisito que está sendo especificado.

#### 5.4.5.2 – Identificar na legislação, NR's, NRR e normas técnicas as restrições de projeto

Esta é uma tarefa que foi desenvolvida com foco na segurança e que possui por objetivo identificar as restrições de projeto que são de observância obrigatória por força de lei.

A Figura 5.8 apresenta o exemplo de restrições, oriundas das *determinações* ( Figura 5.4) e vinculadas a alguns atributos de segurança (ver Capítulo 7), que deverão ser obrigatoriamente observadas, se pertinentes, visto que são determinações legislativas. Estas *restrições* são incluídas após terem sido geradas as *especificações de projeto* (tarefa 1.5.1).

ITEM Nº	ATRIBUTO DE SEGURANÇA	RESTRIÇÃO
1	Ruído	Garantir que os ruídos não ultrapassarão 85 dB(A) para cada 8 horas de trabalho; Estudar EPI's apropriados, mesmo para os casos onde o ruído fique abaixo deste limite máximo; Sugerir programas de capacitação para desenvolver consciência sobre os perigos para saúde decorrentes do ruído.
2	Vibrações	Isolar o operador de vibrações que possuem frequências menores que 30 Hz. Sugerir programas de capacitação para desenvolver consciência sobre os perigos para saúde decorrentes das vibrações.
3	Elementos mecânicos móveis ou cortantes	Ter sistemas móveis projetados enclausurados ou protegidos; Desenvolver mecanismos de proteção para não acionamento destes sistemas durante tarefas de manutenção; Sugerir seqüência apropriada de desmontagem para constar nos manuais e cursos de capacitação; Selecionar avisos e símbolos caracterizadores do risco associado a estes elementos.
4	Estabilidade do equipamento	Ter sistema de proteção que garanta a segurança do operador em eventuais emborcamentos ou tombamentos laterais. Sugerir programas de capacitação para desenvolver consciência sobre os perigos decorrentes da estabilidade do equipamento.
n	Etc.	Etc.

**FIGURA 5.8** – Exemplo de algumas restrições oriundas das determinações e vinculadas a atributos de segurança (D 16) existentes no BDASMA (F 19).

Assim sendo, após terem sido estabelecidas as especificações de projeto (D 8), são então descritas todas as restrições que deverão ser observadas no projeto do produto (Figura 5.9).

ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO					
ITEM N°	REQUISITOS	OBJETIVOS	SENSOR	SAÍDAS INDESEJÁVEIS	COMENTÁRIOS
1	Tempo de manutenção	Mínimo tempo possível de manutenção	Cronômetro	Tempo de manutenção muito acima do especificado	Procurar minimizar o tempo de manutenção objetivando maximizar a disponibilidade de implemento
2	Volume de adubo	.....	.....	.....	Usar o mínimo possível de adubo
3	Deslocar-se à velocidade de 8 km/h	Aumento de produtividade operacional	Sensor	Impedimento de desenvolver a velocidade requerida	Estabilidade nas manobras e deslocamentos
4	Simplex regulação	Diminuição do tempo de regulação, aumento da disponibilidade	Cronômetro	.....	.....
5	Torque requerido	Garantir o deslocamento e as forças necessárias para a execução das tarefas	Torquímetro	Não executar tarefa, Não deslocar o equipamento de forma apropriada, proporcionar insegurança operacional	Definir potência e relação de transmissão adequado ao trabalho do equipamento. Proteger elementos motrizes para diminuir os riscos de acidentes e inseguranças operacionais.
Etc.	Etc.	Etc.	Etc.	Etc.	Etc.
RESTRICÇÕES DE SEGURANÇA					
ATRIBUTO DE SEGURANÇA		RESTRICÇÃO		FONTE	
Ruído		Garantir que os ruídos não ultrapassarão 85 dB(A) para cada 8 horas de trabalho		NRR e NR 15 (BDASMA)	
Vibrações		Isolar o operador de vibrações que possuem frequência menores que 30 Hz.		NRR e NBR 12319 (1992) (BDASMA)	
Elementos mecânicos		Ter sistemas móveis projetados enclausurados ou protegidos		Brasil (1994 e NRR (BDASMA)	
Estabilidade do equipamento		Ter sistema de proteção que garanta a segurança do operador em eventuais emborcamentos ou tombamentos laterais.		NRR e NBR 10000 (1987) (BDASMA)	
Etc.		Etc.		Etc.	

**FIGURA 5.9** – Especificações de projeto e restrições de segurança (D 8 + D 16).

#### 5.4.6 – Revisão do projeto informacional

Esta é uma atividade com foco na segurança, constituída de uma única tarefa e que possui como objetivo averiguar se os requisitos e as restrições determinados na atividade anterior contemplam as estratégias da empresa para a segurança do produto.

Em apoio a esta tarefa, para auxiliar a equipe de projeto nesta averiguação, a fim de que todas as metas estratégicas da empresa, traçadas antes do início do projeto sejam atendidas, esta metodologia sugere uma lista de verificação para averiguar se os requisitos e restrições contemplam as estratégias da empresa para a segurança do produto (F 20), exemplificada na Figura 5. 10.

Sendo tais especificações e restrições adequadas, ou seja, se tais informações de projeto se mostrarem suficientemente claras para a equipe de projeto, passa-se à próxima fase do processo de projeto, denominada projeto conceitual. Nos casos contrários, deve-se retornar aos estágios anteriores, fazer novas pesquisas, obter novas informações e refazer estas atividades, até que tais informações se tornem adequadas ao desenvolvimento do projeto.

<b>LISTA DE VERIFICAÇÃO</b>	
<del>✓</del>	Os requisitos e as restrições de segurança do projeto permitem que a empresa atinja suas metas para o produto?
<del>✓</del>	Os requisitos e as restrições de segurança do projeto proporcionarão que o produto gerado atenda à política de segurança da empresa?
<del>✓</del>	Os requisitos e as restrições de segurança do projeto proporcionarão que o produto gerado atenda as prioridades da empresa para a melhoria da qualidade e segurança?
<del>✓</del>	O orçamento da empresa permitirá que todos os requisitos e restrições de segurança sejam efetivamente incorporados ao projeto do produto?
<del>✓</del>	As empresas fornecedoras ou sub-contratadas estão cientes e aptas a atender, no que lhes compete, aos requisitos e restrições de segurança do projeto?
<del>✓</del>	Para que estes requisitos e restrições de projeto sejam efetivamente considerados ao longo do processo de projeto, existe alguém designado pela Diretoria ou pela própria equipe de projeto para monitorar e auditar o que deverá ser desenvolvido?
<del>✓</del>	Etc.

**FIGURA 5.10** – Exemplo de lista de verificação para requisitos e restrições para a segurança do produto (F 20).

## 5.5 – FASE CONCEITUAL PARA O PROJETO SEGURO

Esta fase tem início depois de obtidas as especificações e restrições de projeto para o problema em estudo. Para o projeto para a segurança, esta fase foi estruturada em quatro atividades e em cada atividade um conjunto de tarefas onde são processados os documentos e as ferramentas requeridas para considerar os requisitos, restrições e especificações advindas do projeto informacional (Figura 5.11).

Apoiado nestas especificações e restrições, os projetistas executam uma série de atividades que vão desde o processo de abstração do problema apresentado até a escolha da alternativa de concepção de projeto que melhor atenda à demanda inicial.

A fase de projeto conceitual apresenta as maiores oportunidades de criação/ inovação, pois os custos de mudança são baixos e é quando as decisões mais importantes são tomadas. A equipe utiliza as informações obtidas na fase anterior para gerar e avaliar conceitos do produto. Durante a fase conceitual as especificações do projeto são usadas como base para desenvolver os modelos funcionais.

A Figura 5.11 apresenta sistematização da metodologia para a fase conceitual do projeto para a segurança. Entre as principais ferramentas propostas (sob o enfoque da segurança) estão: *Ferramenta para estabelecer a função global com foco na segurança do produto* (F 21), vinculada à tarefa 2.1.2 e 2.1.3; *Ferramenta para análise da estrutura de funções com foco na segurança* (F 23), vinculada à tarefa 2.2.3 e 2.3.4; *Matriz de relacionamento de restrições com princípios de solução* (F 24), vinculada à tarefa 2.3.4; *Ferramenta para auxiliar na escolha das melhores alternativas de concepção para o problema de projeto e seus respectivos princípios de solução para a segurança* (F 25), vinculado à tarefa 2.4.2 e *Matriz de relacionamento entre as restrições e princípios de solução para a segurança para atender a estas restrições* (F 22), vinculada às ferramentas F 23 e F 25.

O *Banco de dados sobre aspectos de segurança em máquinas agrícolas* (BDASMA – F19), é a ferramenta fundamental para as tarefas 2.1.2, 2.1.3, 2.2.3, 2.3.4 e 2.4.2.

Como já realizado na seção 5.4, para uma melhor compreensão da metodologia proposta, a seguir serão apresentadas todas as atividades e suas respectivas tarefas que compõem a fase de projeto conceitual, descrevendo resumidamente as ferramentas e documentos necessários para executá-las, dando especial destaque para as que possuem seu foco na segurança do produto.

### **5.5.1 – Estabelecimento das estruturas funcionais do produto**

O objetivo desta atividade é desenvolver ações para representar de forma abstrata (não física) o produto.

Para tanto, segundo Maribondo (2000), faz-se necessário abstrair-se do problema apresentado visando afastar-se do mesmo, procurando excluir de algo observado ou imaginado, aspectos secundários, óbvios ou de pouca importância, no intuito de simplificá-lo e, assim, tornar possível encontrar soluções para resolvê-lo.

Em seguida, através de um processo de síntese, a equipe de projeto, descreve (na forma de texto relatando o funcionamento do sistema) e representa (por meio de diagramas de blocos) as entradas, saídas e demais restrições, que representam as funções do produto.

Entre as tarefas necessárias ao estabelecimento das estruturas funcionais do produto, citam-se: Estabelecer a função global do produto, estabelecer a função global do produto com foco na segurança e estabelecer as estruturas funcionais alternativas.

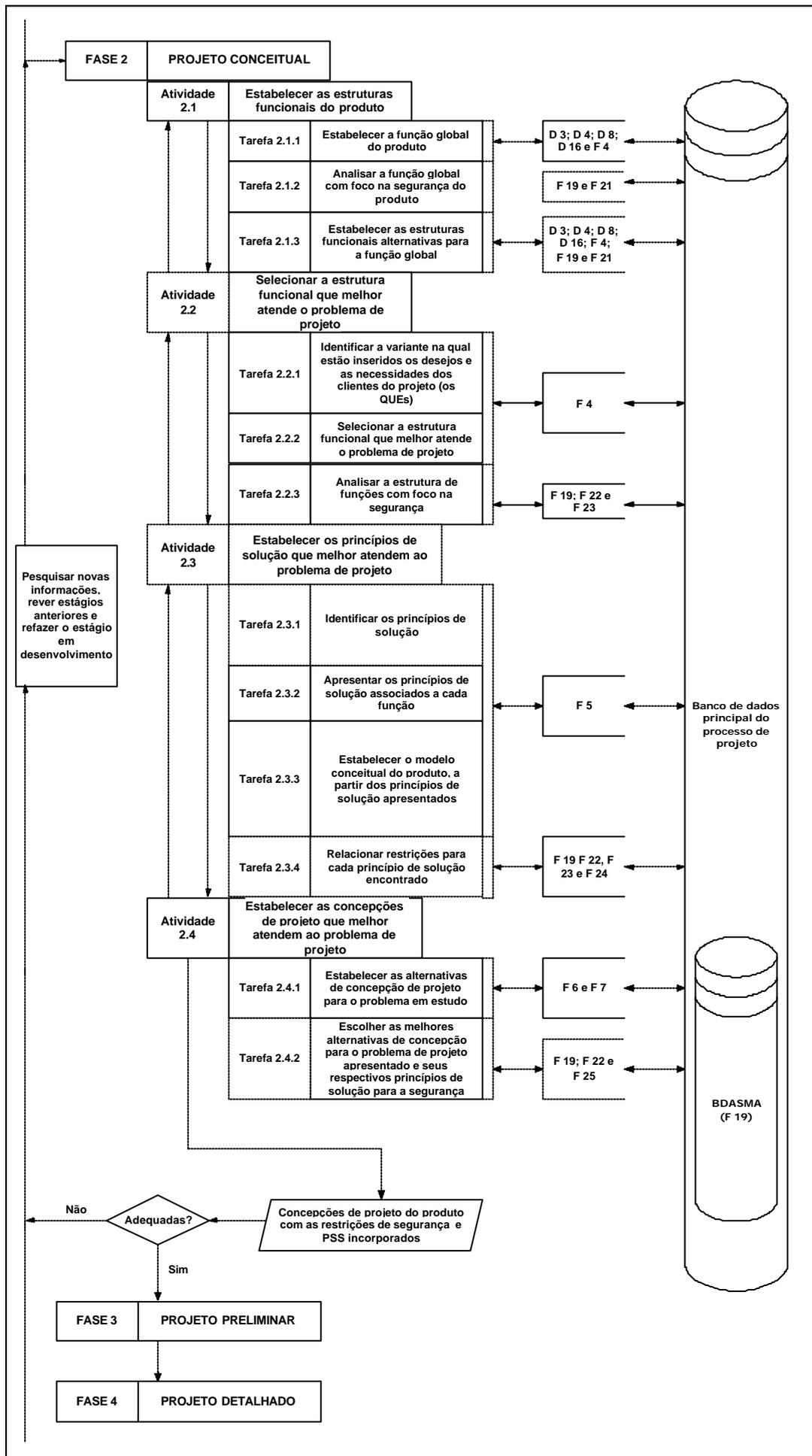


FIGURA 5.11 - Projeto conceitual para a segurança.

Os documentos que apóiam tais atividades são: os *catálogos de informações técnicas* que fornecem as configurações dos produtos concorrentes (estruturas funcionais) e princípios de solução estabelecidos para tais produtos (D 3); o *formulário de identificação de oportunidades*, que foca os fatores de competitividade a serem perseguidos no projeto atual (D 4); o *quadro de especificações de projeto* que informa como cada requisito deve ser contemplado no projeto em estudo (D 8); a *lista de restrições de projeto* que informa os “requisitos” de observância obrigatória (D 16); a *síntese funcional* do projeto, que auxilia os projetistas a estabelecerem cada alternativa de estrutura funcional de cada variante da função global do produto (F 4); o *banco de dados sobre aspectos de segurança em máquinas agrícolas*, que permite a rápida e fácil consulta sobre aspectos relacionados a atributos de segurança, legislação, NR’s e NRR, entre outros (F 19).

Possui especial destaque nesta atividade a *ferramenta para analisar a função global com foco na segurança do produto* (F 21), que foi desenvolvida no presente estudo, com o objetivo de auxiliar a equipe de projeto na identificação dos potenciais perigos que poderão surgir para cada tipo de energia, material e sinal, sugerido para o produto.

A Figura 5.12 apresenta o modelo de tabela que servirá para ajudar a equipe de projeto a identificar os potenciais perigos que poderão surgir no produto, de acordo com a entrada proposta.

Portanto, para cada tipo de energia, material e sinal sugerido para o produto, com base na literatura, normas regulamentadoras, NRR, legislação e outros existentes no BDASMA (F 19), descreve-se os potenciais perigos de modo que a equipe de projeto, a partir disto, possa buscar soluções para evitá-los.

Esta ferramenta deverá ser utilizada da seguinte forma: depois de determinados os *tipos* de entrada de energia, sinal e material, busca-se nas fontes de consulta os potenciais perigos a fim de que os mesmos sejam neutralizados ou minimizados em tarefas posteriores.

Observa-se que alguns tipos de sinal ou material podem não oferecer risco direto para a segurança, mas funcionam ou podem funcionar como evento detonador. Por exemplo: um critério não normalizado de uma cor, forma ou sinal gera numa atividade, ações operativas que, associadas a riscos existentes na operação ou manutenção, deflagram um acidente.

Concluída esta atividade, passa-se à seleção da estrutura funcional que melhor atende o problema de projeto.

	TIPOS	POTENCIAIS PERIGOS	FONTES DE CONSULTA
<b>ENERGIA</b>	Mecânica	Lesão Amputação Morte Etc.	Iida (1993); Alonço (1999); Carpes Júnior (2001); Hammer (1993); NRR; NR's.
	Elétrica	Choque elétrico Morte Etc.	
	Humana	Fadiga, distração, desmotivação, subestima, ações involuntárias, dúvidas operacionais, perda de noção da atividade; Etc.	
	Outra: hidráulica, pneumática, etc.	.....	
<b>SINAL</b>	Sonoro	Incômodo Fadiga Lesões auriculares Etc.	Iida (1993); Fialho (2000); NRR; NR's, etc.
	Luminoso	Confusão mental Lesão ocular Etc.	
	Outro; Formas, cores, sinais.	.....	
<b>MATERIAL</b>	Semente	Lesão Intoxicação Etc.	Márquez (1997); Márquez (1999); NRR; NR's.
	Adubo	Lesão Intoxicação Etc.	
	Solo	.....	
	Outro	.....	

**FIGURA 5.12** – Ferramenta para ajudar a identificar potenciais perigos quando da análise da função global do produto (F 21).

### 5.5.2 – Selecionar a estrutura funcional que melhor atende o problema de projeto.

O objetivo desta atividade é analisar sob determinados critérios as alternativas de estruturas funcionais, visando escolher, entre elas, a mais adequada à solução do problema em estudo.

Concluída esta atividade, passa-se ao estabelecimento dos princípios de solução que melhor atendem as funções da estrutura selecionada.

Para as tarefas 2.2.1 e 2.2.2 (Figura 5.11), a ferramenta que apóia este estágio do processo de projeto é a *síntese funcional* do produto (F 4).

### 5.5.2.1 – Análise das estruturas de funções com foco na segurança

Para a execução desta tarefa, com o apoio do BDASMA (F 19), duas ferramentas foram desenvolvidas neste estudo: a *matriz de relacionamento entre restrições e princípios de solução para a segurança para atender a estas restrições* (F 22) e a *ferramenta para análise da estrutura de funções com foco na segurança* (F 23).

#### a) **Matriz de relacionamento entre restrições e princípios de solução para a segurança para atender a estas restrições (F 22)**

Foi criada a partir do estudo dos documentos existentes no BDASMA (F 19), e é usada (ou pode ser usada) de modo a auxiliar a equipe de projeto na busca de *princípios de solução para a segurança*, vinculados a cada *atributo de segurança* (Figura 5.13) e as *restrições* que o mesmo apresenta (Figura 5.14).

A partir da estrutura de atributos de segurança (Figura 5.13) gera-se a Figura 5.14 que apresenta um exemplo da ferramenta desenvolvida onde, para cada *atributo de segurança* associando-se ao princípio um código alfa numérico que será aproveitado para facilitar o relacionamento em outras ferramentas, como as F 23 e F 25, deverão ser relacionadas as *restrições* e os *princípios de solução para a segurança* e seu respectivo *número* ( 1 A, 2 C, 4 D, etc.), de modo que o mesmo seja usado *posteriormente* nas ferramentas 23 e 25, respectivamente.

Assim sendo, embora esta ferramenta não tenha influência direta na execução das tarefas 2.2.3 e 2.4.4, ela é de vital importância para as ferramentas (F 23) e (F 25) a fim de que as referidas tarefas possam ser executadas.

#### b) **Ferramenta para análise das estruturas de funções com foco na segurança (F 23)**

Esta ferramenta (Figura 5.15) complementa a análise funcional, relacionando-se a cada função da estrutura um potencial princípio de solução, para auxiliar na análise crítica de cada estrutura de funções do produto.

A Figura 5.15, mostra um exemplo de uma estrutura de funções, onde para cada função, foram propostos princípios de solução potenciais vinculados aos diversos atributos de segurança e apresentados na Figura 5.14. Através dos princípios propostos é possível analisar e comparar as estruturas e verificar qual delas apresenta menor potencial de perigo, devendo, portanto, ser a estrutura selecionada.

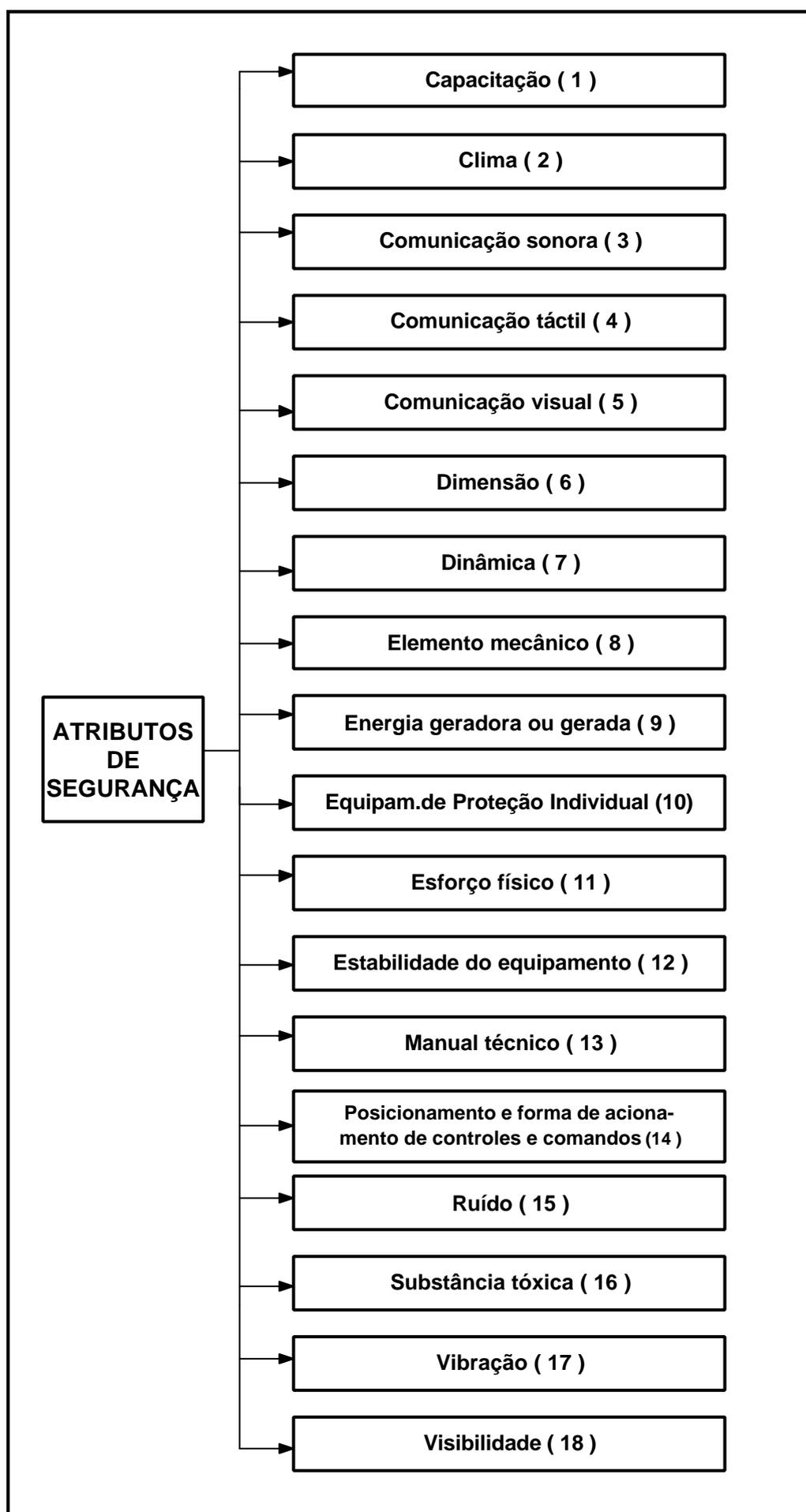


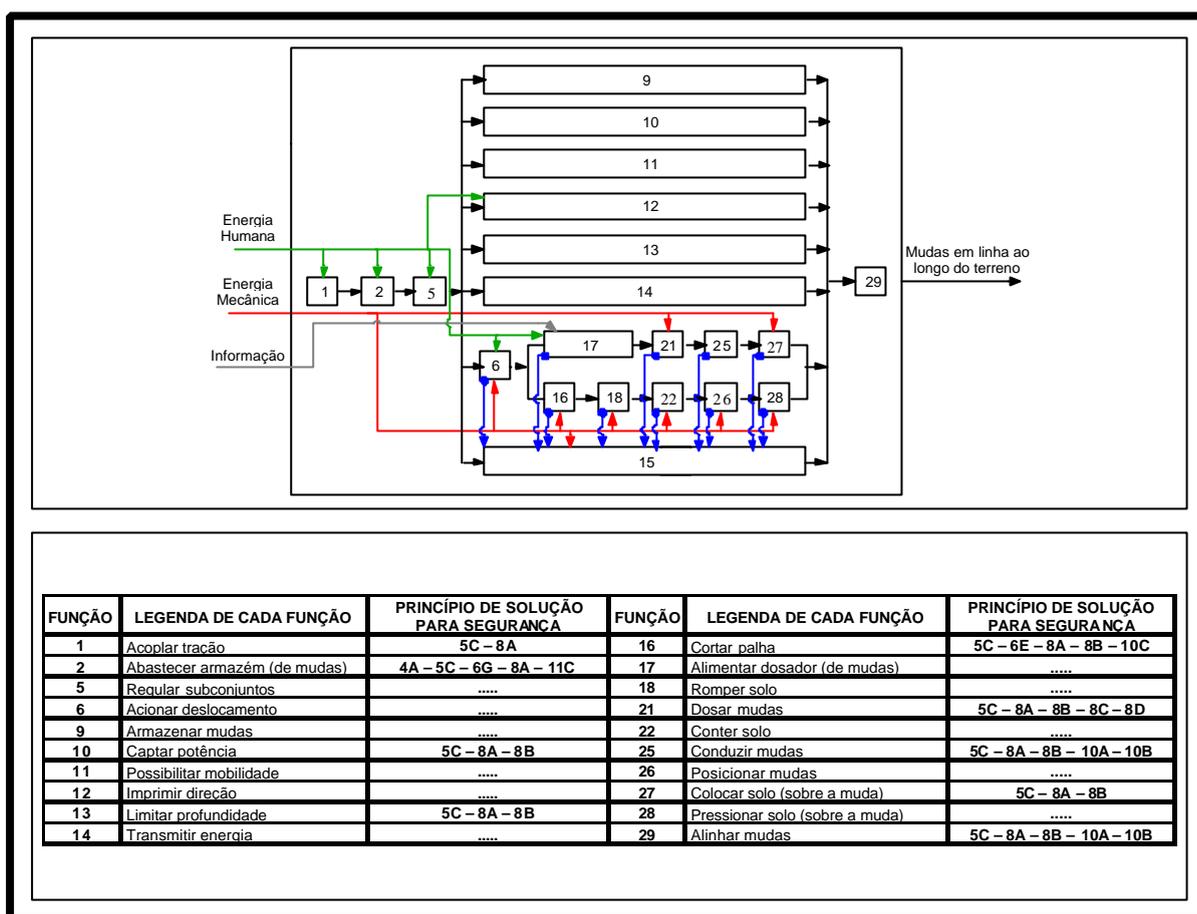
FIGURA 5.13 – Estrutura mínima de atributos de segurança para máquinas agrícolas.

ITEM N <sup>o</sup>	ATRIBUTOS DE SEGURANÇA	RESTRIÇÃO	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO PARA A SEGURANÇA (PSS)	PSS N <sup>o</sup>
1	CAPACITAÇÃO	Que a máquina só saia da indústria para comercialização, após <b>todos os meios que serão utilizados para a capacitação</b> de todos os envolvidos no processo terem sido confeccionados de forma a serem facilmente entendidos e assimilados	Prever e executar cursos de capacitação para empregadores, vendedores, operadores e mantenedores, focados em segurança operacional e de manutenção.	1 A
			Recursos audiovisuais deverão ser confeccionados em linguagem simples e fácil de ser compreendida pelo público alvo que, via de regra (principalmente operadores), possuem baixa escolaridade.	1 B
....	....	....	....	....
7	DINÂMICA	Isolar o operador das fontes de velocidade, aceleração, torque e aspectos relacionados à inércia que excedam os limites de leis e de normas	Prever rotação de alojadores de mudas compatíveis com os reflexos humanos;	7 A
			Prever velocidades de trabalho que não ofereçam riscos ao operador e ambiente;	7 B
....	....	....	....	....
18	VISIBILIDADE	Proporcionar ao usuário boa visibilidade para executar todas as tarefas previstas na operação e manutenção do equipamento	Projetar o equipamento de acordo com as exigências visuais específicas requeridas pela tarefa;	18 A
			Projetar o equipamento de forma que sejam evitadas as oscilações de luz;	18 B
			Projetar o equipamento de modo que seja evitado eventual ofuscamento do operador;	18 C
			Projetar o equipamento de modo que eventuais sombras não causem confusões ao usuário;	18 D
			Projetar o equipamento de modo que não ocorram eventuais efeitos estroboscópios;	18 E
			Projetar o equipamento de modo que os contrastes sejam os mais adequados possíveis;	18 F

**FIGURA 5.14** – Matriz de relacionamento entre restrições e princípios de solução para a segurança para atender a estas restrições (F 22).

### 5.5.3 – Estabelecer os princípios de solução que melhor atendem o problema de projeto

O objetivo desta atividade é estabelecer princípios físicos que atendam às funções da estrutura selecionada. Alguns desses princípios já foram propostos na atividade anterior e serão, aqui, desenvolvidos em maiores detalhes.



**FIGURA 5. 15** – Ferramenta de auxílio à equipe de projeto para análise da estrutura de funções com foco na segurança do produto (F 23) .

Sob este enfoque, as tarefas a serem executadas na realização desta atividade são: identificar os princípios de solução; apresentar os princípios de solução associados a cada função; estabelecer o modelo conceitual do produto, a partir dos princípios de solução apresentados e relacionar restrições para cada princípio de solução encontrado (Figura 5.11, tarefas 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3 e 2.3.4).

Como apoio para as três primeiras tarefas é recomendada a matriz morfológica, também denominada por alguns autores como, por exemplo, Machado Neto (2002), de *ferramenta para geração de alternativas de projeto* (F 5).

A tarefa 2.3.4, por ser uma contribuição deste trabalho e possuir foco na segurança do produto, será discutida com maior profundidade a seguir.

Concluída esta atividade, passa-se ao estabelecimento das concepções de projeto que melhor atendem ao problema de projeto.

**5.5.3.1 – Relacionamento de restrições com cada princípio de solução encontrado**

Para apoiar esta tarefa, foi desenvolvida neste trabalho a *matriz de relacionamento de restrições com princípios de solução* (F 24), que é uma ferramenta (Figura 5.16), que possui como objetivo auxiliar a equipe de projeto a identificar as restrições existentes para cada princípio de solução encontrado, sendo que tem sua origem na *lista de restrições de projeto* (D 16). Ou seja, para cada princípio de solução encontrado para o produto, busca-se no D 16, que faz parte do BDASMA (F 19), as restrições para cada atributo de segurança (Figura 5.13) que deverão ser obrigatoriamente observadas por força de lei.

DENOMINAÇÃO	FUNÇÕES CONTIDAS	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO ENCONTRADOS OU ESTABELECIDOS PARA CADA FUNÇÃO CONTIDA	ATRIBUTO N <sup>o</sup>	RESTRICÇÕES
<b>Imprimir direção</b>	Imprimir direção	Manual Teleguiada (GPS)	2	Prever sistema de proteção do operador para longas exposições ao sol e às intempéries
			3	Prever sistemas de sinais sonoros que garantam a segurança do usuário e/ou envolvidos;
			4	Dotar os comandos e controles de características que permitam fácil e segura comunicação tátil com o usuário;
			5	Dotar a máquina de sistemas de comunicação visual que proporcione a segurança do usuário e ambiente;
			7	Ter velocidade, aceleração, torque e aspectos relacionados à inércia especificados dentro de limites que não provoquem danos à saúde e ao ambiente;
			Etc.	Etc.
<b>Dar partida</b>	Acionar deslocamento	Manual Mecânico	1	.....
.....	.....	.....	7	.....
.....	.....	.....	8	.....
.....	.....	.....	10	.....
.....	.....	.....	18	.....
Etc	Etc	Etc	Etc	Etc

**FIGURA 5.16** – Relacionamento entre os princípios de solução encontrados e as restrições de segurança (F 24).

Portanto, seja qual for o princípio de solução encontrado ou estabelecido para cada função pela equipe de projeto, relaciona-se todas as restrições a serem consideradas de acordo com cada atributo de segurança.

#### **5.5.4 – Estabelecer as concepções de projeto que melhor atendem ao problema de projeto**

Selecionada a estrutura funcional que melhor atende o problema de projeto, gerados os princípios de solução e relacionados esses princípios com restrições de segurança, passa-se à atividade de estabelecimento das concepções de projeto destinadas a atender a demanda inicial.

As tarefas necessárias à execução desta atividade são: estabelecer as alternativas de concepção de projeto para o problema em estudo e escolher as melhores alternativas de concepção para o problema de projeto apresentado e seus respectivos princípios de solução para a segurança (Figura 5.11, tarefas 2.4.1 e 2.4.2).

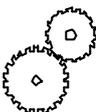
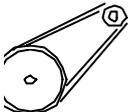
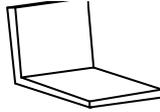
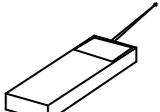
Para a geração das concepções, onde cada uma é um conjunto de princípios de solução e para selecionar qual delas seria a melhor, são utilizadas: a *matriz de concepção do produto* (F 6) e o *avaliador das concepções construtivas do produto* (F 7), descritas por Maribondo (2000). Na própria matriz morfológica, onde estão os princípios de solução, para cada um, são relacionados os princípios de solução para a segurança.

Sendo a concepção adequada, ou seja, atendendo às especificações e restrições de projeto, a alternativa de estrutura funcional selecionada, inicia-se a fase de projeto preliminar do produto. Em casos contrários, deve-se retornar aos estágios anteriores, rever e pesquisar novas informações, a fim de que esta atividade seja concluída de maneira satisfatória.

##### **5.5.4.1 – Escolha das melhores alternativas de concepção para o problema de projeto apresentado e seus respectivos princípios de solução para a segurança.**

Para apoiar esta tarefa, foi desenvolvida neste trabalho a *ferramenta para auxiliar na escolha das melhores alternativas de concepção para o problema de projeto e seus respectivos princípios de solução para a segurança* (F 25), que é uma adaptação da matriz morfológica com os princípios de solução onde, para cada um, busca-se na (F 22) os *princípios de solução para a segurança* (PSS) que deverão ser observados caso o mesmo seja selecionado pela equipe de projeto.

A Figura 5.17 apresenta um exemplo da matriz morfológica de relacionamento entre os princípios de solução funcionais e os princípios de solução para a segurança (PSS), a fim de auxiliar a equipe de projeto na escolha da melhor concepção para o problema de projeto levando em consideração aspectos pertinentes à segurança do usuário.

FUNÇÃO	PRINCIPIO DE SOLUÇÃO FUNCIONAL 1	PRINCIPIO(S) DE SOLUÇÃO PARA A SEGURANÇA	PRINCIPIO DE SOLUÇÃO FUNCIONAL 2	PRINCIPIO(S) DE SOLUÇÃO PARA A SEGURANÇA	PRINCIPIO DE SOLUÇÃO FUNCIONAL 3	PRINCIPIO(S) DE SOLUÇÃO PARA A SEGURANÇA
Captar energia	 Roda dentada	Ter sistemas móveis projetados enclausurados ou protegidos, obedeça limite de ruído, vibração, etc.	 Engrenagens	Ter sistemas móveis projetados enclausurados ou protegidos, obedeça limite de ruído, vibração, etc.	 Polia	Ter sistemas móveis projetados enclausurados ou protegidos, obedeça limite de ruído, vibração, etc.
Imprimir direção	 Manual	Garantir que os ruídos não ultrapassarão 85 dB(A) para cada 8 horas de trabalho;	 Teleguiado	Isolar o operador de radiações nocivas à sua saúde;		
		Isolar o operador de vibrações que possuem frequência entre 0 e 30 Hz;				
		Ter sistemas que protejam o operador de eventuais emborcamentos;				
		Etc.	Etc.	Etc.	Etc.	Etc.

**FIGURA 5.17** – Matriz morfológica do relacionamento dos princípios de solução para a segurança com os princípios de solução para concepção de uma determinada máquina agrícola (F 25).

## 5.6 - COMENTÁRIOS FINAIS

Este capítulo sintetiza a idéia geral da metodologia para o projeto de máquinas agrícolas seguras. Observa-se que no seu contexto geral poderá ser também usada para outros campos de aplicação. Contudo argumenta-se que está centrada em máquinas agrícolas devido a especificidades das ferramentas e documentos que acompanham a metodologia. Salienta-se que se procurou integrar idéias e proposições de outros autores que já apresentaram metodologias para o desenvolvimento de produtos com focos em outros atributos, como também no projeto para segurança. Por trás destas idéias, há um entendimento básico que o uso das ferramentas e documentos já produzidos no âmbito da segurança, só serão incorporados ao produto por duas razões: o primeiro é pela força da lei, que não é escopo deste trabalho. O segundo é pela facilidade de acesso as informações que tratam do atributo de segurança. Aqui também se inclui as leis que já geraram as obrigatoriedades e que as vezes não são consideradas por dificuldade de acesso a estes conteúdos.

Neste sentido, procurou-se gerar documentos e ferramentas que pudessem contribuir com a proposição da tese de gerar facilidades, em nível imediato, e do processo de projeto de produto através dos mecanismos de divulgação destas proposições que deverão ocorrer.

Assim, com o objetivo de proporcionar as facilidades para auxiliar o projetista na inclusão do atributo de segurança gerou-se algumas ferramentas e documentos e foram adaptadas outras tantas para a fase do projeto informacional quanto para o projeto conceitual.

Destas ferramentas, possui especial destaque o BDASMA (F 19) que, por armazenar e permitir a rápida e fácil consulta sobre aspectos relativos à segurança em máquinas agrícolas, sendo os mesmos relacionados a atributos, legislação, NR's, NRR entre outros, também absorveu algumas ferramentas desenvolvidas de modo a facilitar ainda mais o trabalho da equipe de projeto. Tal é o destaque do BDASMA neste trabalho que o Capítulo 7 será todo ele dedicado à sua concepção, manuseio e conteúdo principal.

No próximo Capítulo será apresentado um estudo de caso onde serão utilizadas as ferramentas e o documento desenvolvido a fim de demonstrar sua eficácia na inserção de aspectos inerentes à segurança do operador no projeto de uma transplantadora de mudas para pequenas propriedades.



# Capítulo 6 — ESTUDO DE CASO: PROJETO PARA A CONCEPÇÃO DE UMA TRANSPLANTADORA DE MUDAS SEGURA<sup>1</sup>

## 6.1 - INTRODUÇÃO

Este capítulo apresentará a aplicação da *metodologia de projeto para a concepção de máquinas agrícolas seguras* no projeto de uma transplantadora de mudas para pequenas propriedades rurais desenvolvida por Carrafa (2002).

Os objetivos deste estudo de caso são: avaliar a aplicação das orientações e ferramentas propostas na metodologia de projeto para a segurança em máquinas agrícolas e; propor melhorias que possibilitem a redução de fontes de riscos de acidentes na operação e/ou manutenção da mesma.

## 6.2 – PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DA EMPRESA EM RELAÇÃO À SEGURANÇA DO PRODUTO

Como já explicitado no Capítulo 5, o planejamento estratégico da empresa em relação à segurança do produto, via de regra está centrado em duas referências principais, que são: a filosofia da empresa, na qual estão pontuados os conceitos e metas a serem atingidas no que tange à segurança humana no desenvolvimento e manipulação dos produtos; assim como os conceitos referentes à segurança do produto e em relação ao meio ambiente e a política de segurança na qual se define como as metas serão atingidas.

O problema aqui proposto constitui-se no projeto de uma transplantadora de mudas que ofereça segurança para o usuário. Carrafa (2002), por desenvolver um estudo acadêmico e também porque seu foco não era o mesmo deste trabalho, não apresentou o planejamento estratégico da empresa.

Porém, caso fosse conhecida a estratégia da empresa, e esta objetivasse, por exemplo, o reprojeto de algum equipamento já existente, poder-se-ia com a aplicação da F 17 (*análise*

---

<sup>1</sup> **NOTA DO AUTOR:** O Eng. *Wanilson Martin Carrafa* (Mestre Eng.) autorizou a utilização do projeto da transplantadora de mudas para pequenas propriedades como material base no presente estudo, bem como a reprodução das figuras da referida máquina.

da conformidade com a segurança), determinar o percentual de conformidade que a máquina existente possui e com isso, identificar onde e quanto seria necessário desenvolver melhorias no equipamento a fim de que o mesmo viesse a atender a todas as exigências surgidas por decorrência do planejamento estratégico da direção, conforme é possível constatar no PROBLEMA 1 (item 5.3 – Capítulo 5).

### **6.3 – FASE DE PROJETO INFORMACIONAL**

Para uma melhor compreensão da metodologia proposta, a seguir serão apresentadas todas as atividades (e suas respectivas tarefas) que compõem a fase de projeto informacional, descrevendo resumidamente os resultados obtidos por Carrafa (2002), bem como com as contribuições oferecidas pela *metodologia para a concepção de máquinas agrícolas seguras*.

#### **6.3.1 – Busca de informações sobre o tema de projeto (Figura 5.5 – Atividade 1.1).**

As tarefas 1.1.1 (pesquisar informações técnicas de mercado sobre o produto) e 1.1.2 (Benchmarking do produto), não foram executadas por Carrafa (2002), e portanto, não serão aqui apresentadas.

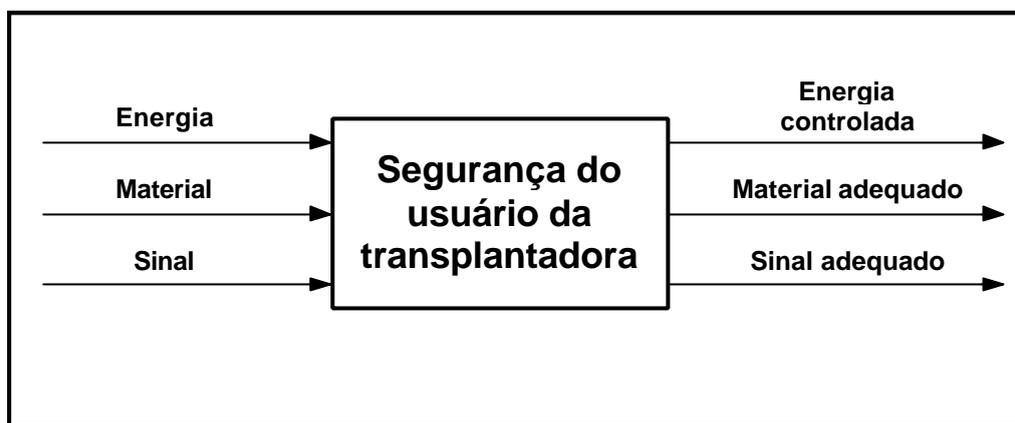
Tipicamente para essas tarefas, no problema em questão, poderiam ser aplicados questionários aos agricultores, potenciais usuários desta transplantadora, buscando definir para a equipe de projeto alguns aspectos como: a missão da transplantadora de mudas a ser projetada, a descrição de como essa máquina executa sua missão principal, a descrição de quais serão os meios utilizados para que a transplantadora de mudas possa executar sua missão principal, a identificação de parâmetros de projeto que auxiliam os modelos existentes no mercado a serem mais competitivos que outros (segurança do usuário, por exemplo).

Com os dados coletados, poderiam ser obtidas informações de benchmarking na pesquisa de máquinas concorrentes em relação à segurança do usuário.

##### **6.3.1.1 – Caracterizar o ambiente operacional do produto (Figura 5.5 - Tarefa 1.1.3).**

Como já exposto no Capítulo 5, esta é uma tarefa que foi desenvolvida com foco na segurança e que tem base na teoria multi causal de acidentes.

Portanto, com base no relacionamento homem/sistema técnico e através do fluxo de energia, material e sinal (Figura 6.1), apoiado nas exigências que surgem das pressões externas (custos, legislação, comunidade – Figura 5.6 – Capítulo 5), as soluções técnicas resultantes do uso desta ferramenta (F 18) proporciona a caracterização do ambiente operacional do produto (Tabela 6.1).



**FIGURA 6.1** – Fluxos genéricos de energia, material e sinal com base no relacionamento homem/máquina para a caracterização do ambiente operacional.

**TABELA 6.1** – Caracterização do ambiente operacional com foco na segurança, considerando o relacionamento homem/transplantadora de mudas (F 18)

CARACTERÍSTICAS	DESCRIÇÃO	OCORRÊNCIA	TÍPICAS NECESSIDADES	SUGESTÃO DE FONTES DE CONSULTA
ENERGIA	Se o homem recebe energia mecânica da máquina, dependendo de sua intensidade, pode ocorrer:	Fadiga	Diminuir a intensidade da energia mecânica	Iida (1993); Alonço (1999); Carpes Júnior (2001); Hammer (1993); NRR; NR's.
		Incômodo	Isolar o homem desta energia	
		Lesões	Isolar o homem desta energia	
		Ferimentos	Isolar o homem desta energia	
MATERIAL	Durante a operação pode haver fluxo de material: plantas (mudas de cebola, fumo), adubo, produtos químicos, solo.	Lesões	Escolher o material adequado, impedir o acesso do usuário a este fluxo e/ou prever a utilização de EPI's.	Márquez (1997); Márquez (1999); NRR; NR's.
		Confusão mental		
		Ferimentos		
		Incômodo		
SINAL	Informação sonora, luminosa, formas, cores, digital.	Confusão mental	Usar sinais padronizados	Iida (1993); Filho (2000); NRR; NR's.
		Incômodo	Reduzir o volume dos avisos sonoros e/ou luminosos	

Com base, portanto, nos fluxos de energia, material e sinal, caracterizando-se o ambiente operacional do produto, como é possível constatar na Tabela 6.1, determina-se as típicas necessidades de segurança do usuário a serem consideradas no projeto da transplantadora de mudas.

### 6.3.1.2 – Definição do ciclo de vida do produto (Figura 5.5 – Tarefa 1.1.4)

Esta é uma tarefa que tem a finalidade de apoiar o processo de projeto registrando as necessidades dos vários clientes envolvidos no desenvolvimento de um produto. Ao longo deste ciclo destacam-se: fabricação, montagem, teste, uso e manutenção.

Como o foco deste trabalho é a segurança do usuário, são descritas na tabela 6.2 as fases do ciclo de vida da transplantadora de mudas onde se destacam as necessidades de segurança dos usuários.

**TABELA 6.2** – Análise do ciclo de vida da transplantadora de mudas

ITEM Nº	FASES DO CICLO DE VIDA	OBJETIVOS	SAÍDAS INDESEJÁVEIS	COMENTÁRIOS
1	Projeto do Produto	Buscar desenvolver cada fase de acordo com as necessidades do usuário, sempre objetivando atingir a máxima performance da máquina sem oferecer riscos de acidentes com os usuários e ambiente.	Desenvolver um produto com baixa performance, alto custo e inseguro para o usuário.	Em todas as fases do projeto ter sempre o objetivo de desenvolver produto que não cause acidentes e nem riscos ao ambiente e ao usuário.
2	Fabricação	Usar matéria-prima de baixo consumo de energia, reciclável, baixo peso específico, processo de transformação pouco ou nada poluente e que não ofereça riscos de acidentes aos usuários.	Peças produzidas por processos que consomem muita energia, são poluentes e usam matéria-prima não reciclável.	Buscar atingir os objetivos adotando os processos de fabricação o mais barato possível, sempre levando em consideração a segurança do usuário.
3	Aferição da qualidade das peças	Verificar se as peças produzidas atendem às especificações técnicas, aos padrões de qualidade, à legislação e às normas de segurança.	Peças defeituosas e fora dos padrões que poderão oferecer riscos de acidentes.	Buscar minimizar os custos com o controle da qualidade das peças.
4	Montagem	Padronizar os parafusos de forma a atender às exigências da lei, reduzindo seu uso tanto quanto possível e os riscos de acidentes aos usuários.	Uso de grande número de parafusos e acidentes com os usuários.	Usar de engates rápidos para auxiliar na montagem e/ou parafusos e porcas embutidos.
5	Operação	Que não exponha o operador a riscos de acidentes; Que seja prevista a capacitação de operadores; Que, caso ainda exista algum perigo, seja determinado o uso de E-PI's adequados.	Que o operador seja exposto a riscos de acidentes ou a doenças.	Que atenda à legislação e às normas de segurança
6	Manutenção	Que não exponha o mantenedor a riscos de acidentes; Que seja prevista a capacitação de mantenedores; Que, caso ainda exista algum perigo, seja determinado o uso de E-PI's adequados pelos mantenedores; Menor número de pontos de lubrificação possível e que seja utilizada manutenção preventiva	Que o mantenedor seja exposto a riscos de acidentes ou a doenças.	Que atenda à legislação e às normas de segurança

### 6.3.1.3 – Pesquisar normas para a segurança (Figura 5.5 – Tarefa 1.1.5)

A tarefa 1.1.5 (Figura 5.5), introduzida pela *metodologia para a concepção de máquinas agrícolas seguras*, complementa a tarefa anterior, concluindo a busca de informações sobre o problema de projeto.

Esta tarefa proporcionou, a partir de uma profunda revisão de literatura em busca de legislação, NR's e NRR, a construção da Tabela 6.3, que relaciona as *determinações* referentes à segurança encontradas na legislação, que nortearão o projeto para a concepção de uma

transplantadora de mudas e constituirão o BDASMA (F 19). Portanto, ao consultar nos *atributos de segurança* do BDASMA (Figura 6.2), encontram-se as *determinações* que constituem a Tabela 6.3.



**FIGURA 6.2** - Interface para a busca das *determinações* legislativas e normativas existentes no BDASMA relativas à transplantadora de mudas.

**TABELA 6.3** – Determinações referentes à segurança encontradas no Decreto Presidencial nº 1.255 e na NRR que nortearão o projeto para a concepção de uma transplantadora de mudas segura.

ITEM <sup>0</sup>	FONTE	DETERMINAÇÃO
1	Brasil (1994)	As máquinas deverão ser protegidas de maneira que a regulamentação e as normas nacionais de segurança e de higiene de trabalho sejam respeitadas.
2	Brasil (1994)	Os controles das máquinas deverão ser projetados ou construídos de modo a prevenir qualquer perigo.
3	Brasil (1994)	Todos os parafusos de meia rosca, parafusos de fixação e chaves, assim como outras peças que formem saliências nas partes móveis das máquinas que forem suscetíveis igualmente de apresentarem perigo para as pessoas que entrarem em contato com as mesmas, quando estiverem em movimento deverão ser projetados embutidos ou protegidos a fim de prevenir esses perigos.
4	Brasil (1994)	Todos os volantes, engrenagens, cones ou cilindros de fricção, excêntricos, polias, correias, correntes, pinhões, roscas sem fim, bielhas e corrediças, assim como os trastes (inclusive as extremidades) e outras peças de transmissão que forem suscetíveis igualmente de apresentar perigo para as pessoas que entrarem em contato com esses elementos quando estes estiverem em movimento deverão ser projetados ou protegidos a fim de prevenir estes perigos. Os controles das máquinas deverão ser projetados ou protegidos a fim de prevenir qualquer perigo.

**TABELA 6.3 (Cont.)** – Determinações referentes à segurança encontradas no Decreto Presidencial nº 1.255 e na NRR que nortearão o projeto para a concepção de uma transplantadora de mudas segura.

ITEM <sup>o</sup>	FONTE	DETERMINAÇÃO
5	Brasil (1994)	A utilização das máquinas das quais quaisquer dos elementos perigosos, inclusive as partes móveis (zona de operação) estão sem os dispositivos de proteção apropriados, deverá ser proibida pela legislação nacional ou impedida por outras medidas igualmente eficazes. Entretanto, quando esta interdição não puder ser plenamente respeitada sem impedir a utilização da máquina, ela deve, não obstante, aplicar-se na medida em que esta utilização o permitir.
6	Brasil (1994)	As disposições contidas no Decreto nº 1.255 só se aplicarão às máquinas agrícolas móveis na medida em que estiver em causa a segurança dos trabalhadores cujo emprego esteja em conexão com essas máquinas.
7	Brasil (1994)	A venda e a locação de máquinas que possuam a presença de elementos perigosos e estiverem desprovidas de dispositivos de proteção apropriados, deverão ser proibidas pela legislação nacional e/ou impedidas por outras medidas.
8	Brasil (1994)	A cessão e a exposição de máquinas que possuam elementos perigosos e que estiverem desprovidas de dispositivos de proteção apropriados, deverão ser proibidas pela legislação ou impedidas por outras medidas igualmente eficazes. Entretanto, a retirada provisória, durante a exposição de uma máquina de dispositivos de proteção, para fins de demonstração, não será considerada como uma infração à presente disposição, com a condição que as precauções apropriadas sejam tomadas para proteger as pessoas contra qualquer risco.
9	Brasil (1994)	O empregador deverá tomar as medidas para por os trabalhadores ao corrente da legislação nacional relativa à proteção das máquinas e deverá informá-los, de maneira apropriada, dos perigos provenientes da utilização das máquinas, assim como das precauções a serem tomadas.
10	Brasil (1994)	Nenhum trabalhador deverá utilizar uma máquina sem que os dispositivos de proteção de que é provida estejam montados. Não poderá ser solicitado a qualquer trabalhador que utilize uma máquina sem que os dispositivos de proteção que é provida estejam montados.
11	Brasil (1994)	A obrigação de aplicar as disposições: “Todos os parafusos de meia rosca, parafusos de fixação e chaves, assim como outras peças que formem saliências nas partes móveis das máquinas que forem suscetíveis igualmente de apresentarem perigo para as pessoas que entrarem em contato com as mesmas, quando estiverem em movimento deverão ser projetados embutidos ou protegidos a fim de prevenir esses perigos” e “todos os volantes, engrenagens, cones ou cilindros de fricção, excêntricos, polias, correias, correntes, pinhões, roscas sem fim, bielas e corrediças, assim como os trastes (inclusive as extremidades) e outras peças de transmissão que forem suscetíveis igualmente de apresentar perigo para as pessoas que entrarem em contato com esses elementos quando estes estiverem em movimento deverão ser projetados ou protegidos a fim de prevenir estes perigos. Os controles das máquinas deverão ser projetados ou protegidos a fim de prevenir qualquer perigo”, deverá recair sobre o vendedor, o locador, a pessoa que cede a máquina a qualquer título ou o expositor, assim como, nos casos apropriados, de conformidade com a Legislação nacional, sobre os respectivos mandatários. O Fabricante que vende, aluga, cede a qualquer outro título ou expõe as máquinas, terá a mesma obrigação.
12	Brasil (1994)	O trabalhador não deverá tornar inoperantes os dispositivos de proteção de que seja provida a máquina que utilizar. Os dispositivos de proteção de uma máquina destinada a ser utilizada por um trabalhador não devem ser tornados inoperantes.
13	NRR	Os programas de capacitação deverão ser desenvolvidos a partir de materiais escritos ou audiovisuais e apresentados em linguagem adequada aos trabalhadores.
14	NRR	Serão considerados válidos os programas de capacitação desenvolvidos por órgãos e serviços oficiais de extensão rural e, unidades de ensino de nível médio e superior em ciências agrárias e serviços de aprendizagem rural, sindicatos e associações de produtores ou trabalhadores rurais, cooperativas de produção e associações de profissionais.

**TABELA 6.3 (Cont.)** – Determinações referentes à segurança encontradas no Decreto Presidencial nº 1.255 e na NRR que nortearão o projeto para a concepção de uma transplantadora de mudas segura.

ITEM <sup>Nº</sup>	FONTE	DETERMINAÇÃO
15	NRR	O empregador rural ou assemelhado, deverá adotar, no mínimo, as seguintes medidas: a) fornecer equipamentos e roupas de proteção de uso pessoal adequados aos riscos, que assegurem conforto térmico, mantidos devidamente higienizados e em perfeitas condições de uso, substituindo-os sempre que necessário; b) garantir o uso correto dos dispositivos de proteção e fornecer instruções sobre os modos corretos de utilizá-los;
16	NRR	É vedado o levantamento e o transporte manual de carga com peso suscetível de comprometer a saúde do trabalhador.
17	NRR	Todo trabalhador designado para o transporte manual regular de cargas deve receber treinamento ou instruções quanto aos métodos de trabalho que deverá utilizar, com vistas a salvaguardar sua saúde e prevenir acidentes.
18	NRR	O transporte e a descarga de materiais feitos por impulsão ou tração de vagonetes sobre trilhos, carros de mão ou qualquer outro aparelho mecânico deverão ser executados de forma que o esforço físico realizado pelo trabalhador seja compatível com sua capacidade de força e não comprometa a sua saúde ou sua segurança.
19	NRR	Os carros manuais para transporte devem possuir protetores para as mãos.
20	NRR	Na operação manual de carga e descarga em veículo o trabalho deve ser feito com o auxílio de ajudantes.
21	NRR	Todas as máquinas, equipamentos, implementos, mobiliários e ferramentas devem proporcionar ao trabalhador condições de boa postura, visualização e operação e devem atender aos seguintes requisitos mínimos: a) altura e características da superfície de trabalho compatíveis com o tipo de atividade, com a distância requerida dos olhos ao campo de trabalho e com a altura do assento; b) área de trabalho de fácil alcance e visualização pelo trabalhador; c) características dimensionais que possibilitem posicionamento e movimentação adequados dos segmentos corporais.
22	NRR	Para trabalho que necessite também de utilização dos pés, os pedais e outros comandos devem ter posicionamento e dimensões que possibilitem fácil alcance e ângulos adequados entre as diversas partes do corpo do trabalhador, em função das características e peculiaridades do trabalho executado.
23	NRR	Para atividades que forem realizadas necessariamente em pé, devem ser garantidas pausas para descanso.
24	NRR	A organização do trabalho deve ser adequada às características psicofisiológicas dos trabalhadores e à natureza do trabalho a ser executado.
25	NRR	Os fabricantes de máquinas, equipamentos e implementos ou seus representantes devem disponibilizar catálogos e manuais de instrução contendo, no mínimo: a) a especificação dos riscos; b) os níveis de ruído e vibração gerada nas condições normal de operação; c) a forma correta de prevenção de acidentes e doenças; d) os riscos ambientais; e) o conteúdo programático e mínimo para o treinamento dos operadores.
26	NRR	As máquinas, equipamentos e implementos, devem atender aos seguintes requisitos: a) utilizados unicamente para os fins concebidos, segundo as especificações técnicas do fabricante; b) operados somente por trabalhadores treinados e qualificados para tais funções; c) fabricados e comercializados com sistemas de proteção adequados; d) utilizados dentro dos limites operacionais e restrições indicados pelos fabricantes.
27	NRR	As máquinas de cortar, picar, triturar, moer, desfibrar e similares devem: a) possuir dispositivos de proteção, que impossibilitem contato do operador ou demais pessoas com as partes móveis; b) dispor de sistema alimentador que garanta uma distância mínima de oitenta centímetros entre as partes cortantes da máquina e as mãos do operador.
28	NRR	Os manuais das máquinas, equipamento e implementos devem ser mantidos junto a máquina (um) e no estabelecimento (um), devendo o empregador dar conhecimento aos operadores do seu conteúdo e disponibilizá-los sempre que necessário.

**TABELA 6.3 (Cont.)** – Determinações referentes à segurança encontradas no Decreto Presidencial nº 1.255 e na NRR que nortearão o projeto para a concepção de uma transplantadora de mudas segura.

ITEM <sup>o</sup>	FONTE	DETERMINAÇÃO
29	NRR	As transmissões de força das máquinas, equipamentos e implementos devem ser enclausuradas.
30	NRR	As máquinas, equipamentos e implementos que oferecem risco de ruptura de suas partes, projeção de peças ou de material em processamento devem dispor de proteções efetivas.
31	NRR	Os protetores removíveis só podem ser retirados para a execução de limpeza, lubrificação, reparo e ajuste, ao fim dos quais devem ser, obrigatoriamente, recolocados.
32	NRR	As máquinas e equipamentos móveis motorizados devem ter estrutura de proteção do operador em caso de tombamento e dispor de cinto de segurança.
33	NRR	A tomada de força e os eixos de transmissão devem estar protegidos por dispositivos de segurança.
34	NRR	As máquinas e equipamentos, estacionários ou não, que possuem plataforma de trabalho, devem ser dotadas de guarda-corpos e escadas de acesso com corrimão.
35	NRR	É vedado, em qualquer circunstância o transporte de pessoas em máquinas e equipamentos motorizados e nos seus implementos acoplados.
36	NRR	As aberturas para alimentação de máquinas, que estiverem situadas ao nível do solo ou abaixo deste, devem ter proteção que impeça a queda de pessoas no interior das mesmas.
37	NRR	As roçadeiras devem possuir dispositivos de proteção que impossibilitem o arremesso de materiais sólidos para fora da área de corte da faca.
38	NRR	É vedada a fabricação, a importação, a venda, a locação e o uso de máquinas e equipamentos que não atendam às disposições contidas nesta NRR.
39	NRR	Os importadores devem garantir que as máquinas e equipamentos e insumos disponham dos sistemas de proteção originais, conforme exigido no país de origem, de forma a garantir o mesmo nível de proteção em matéria de segurança e saúde.
40	NRR	O empregador rural ou assemelhado se responsabilizará pelo treinamento dos operadores de máquina e equipamentos, visando o manuseio e a operação seguros.
41	NRR	Nos equipamentos de transporte, com força motriz própria, o empregador rural ou assemelhado deverá garantir ao operador: a) treinamento e capacitação; b) jornada de trabalho de no máximo oito horas diárias.
42	NRR	Os equipamentos de transporte motorizados móveis devem possuir faróis, luzes, sinais sonoros de ré acoplados ao sistema de câmbio de marchas, buzina e espelho retrovisor.

Concluída esta tarefa, têm-se levantadas as informações sobre o problema de projeto da transplantadora de mudas (aspectos de segurança) e, a partir delas, inicia-se a identificação das necessidades de projeto e requisitos do usuário.

Ressalta-se que, para um outro equipamento agrícola, muito do que foi até aqui levantado servirá como fonte de consulta e é válido. Porém, recomenda-se que para cada equipamento seja refeita esta busca a fim de que a equipe de projeto não corra o risco de deixar de considerar aspectos de segurança que seriam fundamentais para o mesmo.

### 6.3.2 – Identificação das necessidades e requisitos do usuário (Figura 5.5 – Atividade 1.2).

A caracterização dos potenciais consumidores foi realizada por Carrafa (2002) e é apresentada na Tabela 6.4.

**TABELA 6.4** – Caracterização dos potenciais consumidores.

ITEM <sup>0</sup>	CARACTERIZAÇÃO
1	90% dos estabelecimentos possuem áreas inferiores a 50 hectares
2	80% são proprietários e o restante trabalha em regime de parceria ou arrendamento
3	As culturas que apresentam maior destaque são: cebola, milho, alho, maçã, fumo e feijão
4	A maioria dos produtores realiza agricultura de subsistência (auto-abastecimento)
5	Há uma grande diversidade na produção
6	Os produtores possuem baixo nível de escolaridade
7	Existe uma nítida e crescente migração de jovens para centros urbanos, com escassez generalizada de mão-de-obra em muitas propriedades, especialmente e determinadas operações, como no plantio ou transplante e na colheita
8	Utilização de poucas tecnologias apropriadas, principalmente em adaptações de equipamentos
9	Baixa remuneração
10	Trabalho árduo (permanecem muito tempo na mesma posição e expostos ao tempo)
11	Possuem grande resistência a mudanças, principalmente pelo medo de correr riscos

Fonte: Carrafa, 2002.

Na Tabela 6.4, com relação à segurança do usuário, se destacam os itens 6 e 10 que descrevem os consumidores como sendo *possuidores de baixa escolaridade* e tendo uma *forma de trabalho árduo permanecendo muito tempo na mesma posição e expostos às intempéries*.

Na Tabela 6.5 são destacadas as necessidades dos clientes e/ou usuários que foram determinadas da seguinte forma: levantadas por Carrafa (2002); oriundas do exame das *determinações* (Tabela 6.3) e da análise do ciclo de vida da transplantadora de mudas (tabela 6.2).

**TABELA 6.5** – Necessidades dos clientes relacionadas ao ciclo de vida do produto.

ITEM <sup>0</sup>	NECESSIDADES DOS CLIENTES – GERAIS (Carrafa, 2002)
1	Apresentar baixo custo de aquisição
2	Ser durável
3	Ter baixo peso
4	Ser de fácil operação
5	Possuir rápido e fácil acoplamento com o microtrator
6	Possuir fácil e rápida manutenção
7	Dispensar mão-de-obra especializada para a manutenção
8	Possuir um implemento que seja adequado para trabalhar dentro das características específicas das diferentes culturas a serem transplantadas
9	Possuir capacidade de distribuição uniforme de mudas de acordo com as várias espécies a serem transplantadas
10	Permitir ajuste de profundidade de aterramento da muda (profundidade do sulco)
11	Ter dispositivo para irrigar o transplante da cultura, se for o caso
12	Ter mecanismo para fazer a adubação caso a cultura necessite
13	Ter consumo de potência adequada ao microtrator
14	Permitir ajuste da quantidade de solo sobre a muda
15	Permitir ajuste do nível de compactação do solo sobre a muda
16	Ser suficientemente leve e compacto
17	Ter boa aparência
18	Ser robusto
19	Ter sua fabricação com materiais padronizados
20	Ter sua fabricação e montagem o mais simplificada possível, reduzindo custos de produção
ITEM <sup>0</sup>	NECESSIDADES DOS CLIENTES - DE SEGURANÇA
21	Possuir boa estabilidade (conjunto microtrator e transplantadora)
22	Possuir anteparos de proteção às partes móveis que representem riscos ao(s) operador(es) (correias, polias, acoplamentos, entre outras)
23	Ser ergonômico

**TABELA 6.5 (Cont.)** – Necessidades dos clientes relacionadas ao ciclo de vida do produto.

ITEM Nº	NECESSIDADES DOS CLIENTES (Cont.) - DE SEGURANÇA
24	Prever cursos de capacitação para operadores e mantenedores em linguagem adequada aos mesmos
25	Definir EPI's necessários
26	Possuir controles que não ofereçam perigo aos operadores
27	Possuir parafusos de meia rosca, parafusos de fixação e chaves, assim como outras peças que formem saliências nas partes móveis das embutidos ou protegidos.
28	Possuir volantes, engrenagens, cones ou cilindros de fricção, excêntricos, polias, correias, correntes, pinhões, roscas sem fim, bielas e corrediças, assim como os trastes (inclusive as extremidades) e outras peças de transmissão protegidos.
29	Possuir condições de boa postura, visualização e operação e atender aos seguintes requisitos mínimos: a) altura e características da superfície de trabalho compatíveis com o tipo de atividade, com a distância requerida dos olhos ao campo de trabalho e com a altura do assento; b) área de trabalho de fácil alcance e visualização pelo usuário; c) características dimensionais que possibilitem posicionamento e movimentação adequados dos segmentos corporais.
30	Possuir pedais e outros comandos com posicionamento e dimensões que possibilitem fácil alcance e ângulos adequados entre as diversas partes do corpo do trabalhador, em função das características e peculiaridades do trabalho executado.
31	Especificar nos catálogos e manuais: a) a especificação dos riscos; b) os níveis de ruído e vibração gerada nas condições normal de operação; c) a forma correta de prevenção de acidentes e doenças; d) os riscos ambientais; e) o conteúdo programático e mínimo para o treinamento dos operadores e mantenedores.
32	Possuir na máquina um local onde possa ser armazenado o manual de operação e de instruções da mesma.
33	Possuir transmissões de força enclausuradas.
34	Possuir cinto de segurança.
35	Possuir estrutura de proteção anti-tombamento e capotamento.

### 6.3.3 – Definição dos requisitos de projeto (Figura 5.5 – Atividade 1.3).

A Tabela 6.6 mostra a estruturação do estabelecimento dos requisitos de projeto realizada por Carrafa (2002) para que o autor pudesse usar a Casa da Qualidade para atribuir valor do consumidor a cada requisito.

Esta é uma atividade não prevista na metodologia proposta visto que a mesma parte do pressuposto de que todos os itens relativos à segurança se baseiam em *determinações* legislativas e normativas, logo, deverão possuir observância obrigatória. Entretanto, com base nas *determinações* (Tabela 6.3), na *análise do ciclo de vida da transplantadora de mudas* (Tabela 6.2) e nas *necessidades de segurança* (Tabela 6.5) geradas pela leitura e interpretação da legislação, NRR, NR's e Normas Técnicas é que serão geradas as restrições de projeto que serão anexadas às especificações.

### 6.3.4 – Hierarquização dos requisitos de projeto (Figura 5.5 – Atividade 1.4) e estabelecer as especificações de projeto (Figura 5.5 – Atividade 1.5).

As especificações de projeto do produto (Tabela 6.6) foram hierarquizadas por Carrafa (2002) com a utilização da Casa da Qualidade.

Portanto, relacionando os QUE's versus os COMO's, o autor efetuou uma classificação dos requisitos de projeto estabelecidos para o desenvolvimento do produto pelo grau de importância.

**TABELA 6.6** – Especificações de projeto do produto hierarquizadas com a utilização da Casa da Qualidade

ITEM N <sup>o</sup>	REQUISITOS	OBJETIVOS	SENSOR	SAÍDAS INDESEJÁVEIS	COMENTÁRIOS
1	Tempo do ciclo de alimentação	1 segundo para alimentar o dosador	Tempo de alimentação do mecanismo dosador (cronômetro)	Mecanismo de dosagem sem ser alimentado	Não inferior a 1 segundo, pois em menor tempo o operador não poderá alimentá-lo.
2	Variação da velocidade de transplante	Possibilidade de variar as velocidades de 400 a 1500 m/h	Tempo mínimo para alimentar o dosador deve ser mantido (cronômetro)	Impossibilidade de variar as velocidades de transplante	Destinada a transplantar diferentes culturas, a máquina vai trabalhar a velocidades de transplante desejadas.
3	Declividade máxima do terreno	Que a máquina tenha boa estabilidade em terreno de até 16° de inclinação	Inclinação do terreno (goniômetro)	Impossibilidade de trabalhar em terrenos inclinados	Estabilidade para trabalhar nesse tipo de terreno (terreno inclinado)
4	Variação da distância entre mudas	Que a máquina deposite as mudas a uma distância de 8 a 50 mm	Distância entre as mudas na linha de plantio (trena)	Impossibilidade de alterar a distância de deposição entre as mudas na linha	Facilidade de ajuste da variação de distância entre mudas
5	Custo de operação	Otimizar esse custo. (Máximo de 50 R\$/h)	Levantamento de custos durante a operação. (planilha de controle de custos)	Custos de operação acima do especificado	Busca-se otimizar o projeto objetivando máxima redução dos custos de operação
6	Distância mínima do dosador ao operador	Usar a menor distância possível. Máximo de 100 mm	Conforme as tabelas antropométricas (medindo com trena)	Posição de trabalho antiergonômica	Possibilidade de ajuste para os diferentes tipos antropométricos de potenciais operadores
7	Custo de manutenção	Máximo de R\$ 100 por manutenção	Custo de manutenção anual (planilha de custos).	Custo de manutenção anual acima do especificado	Busca-se otimizar o projeto objetivando máxima redução dos custos de manutenção
8	Nível de ruído e vibração	Máximo de 85 dB para 8h de trabalho diário	Medidores apropriados (decibélimetros)	Nível de ruído acima do especificado	Nível de ruído acima do valor especificado pode provocar sérias lesões físicas no operador
9	Potência consumida	Máx. de 7,46 kW.	Célula de Carga	Potência consumida acima de 7,46 kW	Potência máxima em função da potência total disponível em tratores de rabiça
10	Ajustagem da distância do banco do operador	Adequar as medidas antropométricas do potencial operador, máximo de 150 mm	Comparar com tabelas antropométricas (com trena)	Impossibilidade de ajuste com as características antropométricas dos potenciais operadores	Que seja de fácil ajuste às características de cada potencial operador

Fonte: Carrafa, 2002.

**TABELA 6.6 (Cont.)** – Especificações de projeto do produto hierarquizadas com a utilização da Casa da Qualidade.

ITEM N <sup>o</sup>	REQUISITOS	OBJETIVOS	SENSOR	SAÍDAS INDESEJÁVEIS	COMENTÁRIOS
11	Profundidade de deposição da muda	Variação na profundidade de deposição das mudas	Trena	Impossibilidade de ajuste às características agronômicas das culturas trabalhadas	Facilidade na ajustagem da profundidade de deposição das mudas
12	Frequência de manutenção	Manutenção preventiva a cada 50 horas de trabalho	Planilha de manutenção	Superior a uma vez a cada 50h de trabalho	Facilidade de manutenção
13	Número de peças padronizadas comercialmente	100%	Planilha das peças padronizadas	Porcentagem de peças padronizadas não devem ser inferior a 75%	Entende-se por 100% das peças padronizadas o uso de chapas de aço comerciais, parafusos, molas, rolamentos, entre outras, de fácil aquisição.
14	Custo de material	30% do custo total	Planilha de custos	Custos de material acima do especificado	Busca-se otimizar o projeto objetivando a máxima redução dos custos de material.
15	Ângulo de inclinação da muda	Reta Verticalmente	Verificação da posição da muda (goniômetro)	Mudas na posição transversal ou soterradas	Facilidade de ajuste do ângulo de diferentes tipos de mudas que serão transplantadas
16	Número de partes móveis expostas	O menor número possível de partes móveis expostas (0)	Verificação de projeto (planilha de controle)	Grande número de partes móveis expostas, causando riscos ao operador	Proteção das partes móveis é para obter segurança na montagem, operação e manutenção do implemento.
17	Custo de fabricação (custo meta para o protótipo)	R\$ 400,00	Custo das operações de fabricação envolvidas.(Planilha de custos)	Custo de fabricação acima do especificado	Busca-se otimizar o projeto para reduzir ao máximo os custos de fabricação.
18	Massa total	No máximo de 170 Kg.	Balança	Massa total muito acima do especificado, dificultando o manuseio do implemento.	Otimizar a quantidade de material a ser usada na máquina
19	Custo de montagem	Máximo de 200 R\$	Planilha de controle de custos	Custo de montagem acima do limite especificado	Busca-se otimizar o projeto objetivando a máxima redução dos custos de montagem
20	Tempo de montagem	Otimizar o processo de montagem. Max. 8h	Cronômetro (armazenar os dados)	Tempo de montagem acima do especificado	Procurar minimizar o tempo de montagem objetivando reduzir custos

Fonte: Carrafa, 2002.

**TABELA 6.6 (Cont.)** – Especificações de projeto do produto hierarquizadas com a utilização da Casa da Qualidade.

ITEM N <sup>o</sup>	REQUISITOS	OBJETIVOS	SENSOR	SAÍDAS INDESEJÁVEIS	COMENTÁRIOS
21	Tempo de manutenção	Mínimo tempo possível de manutenção	Cronômetro	Tempo de manutenção muito acima do especificado	Minimizar o tempo de manutenção objetivando maximizar a disponibilidade do implemento
22	Vida útil	8 anos	Contar o número de anos de vida útil da máquina.	Vida muito inferior a 8 anos	Estima-se uma carga de trabalho de 100 horas anuais
23	Volume de água depositado	Adequado à cultura de 200 a 600 ml	Copo aferidor	Quantidade de água depositada acima ou abaixo do especificado para a cultura	Usar o mínimo possível de água
24	Volume de terra sobre a muda	Atingir o padrão para a cultura	Verificar o nível de terra no caule da muda (trena)	Mudas soterradas ou com pouca terra sobre sua raiz	A quantidade correta de terra sobre a muda é indispensável para a pega e produtividade da cultura
25	Volume de adubo	Dosar a quantidade especificada de 5 a 40 gramas por metro linear	Regulagem do dosador de adubo: verificar com balança ou copo calibrado	Quantidade de adubo depositada acima ou abaixo do especificado para a cultura	Usar o mínimo possível de adubo
26	Pressão da terra sobre a muda	Fixar a muda	Mão humana	Mudas que receberam pressão excessiva ou insuficiente	Ajustar a pressão à cultura a ser trabalhada
27	Variação da distância do comando ao piloto	Adequar às medidas antropométricas do potencial operador	Comparar com tabelas antropométricas (trena)	Impossibilidade de ajuste com as características antropométricas dos operadores	Ser de fácil ajuste às características de cada potencial operador
28	Variação da altura do banco do operador	Adequar as medidas antropométricas do potencial operador	Comparar com tabelas antropométricas (trena)	Impossibilidade de ajuste com as características antropométricas dos operadores	Ser de fácil ajuste às características de cada potencial operador
29	Faixa de tolerância	Usar as maiores faixas possíveis	Equipamentos de medição	Tolerâncias apertadas	Usar faixa de tolerância mediana

Fonte: Carrafa, 2002.

Na Tabela 6.6, em relação à segurança destacam-se: item 1: tempo do ciclo de alimentação; item 3: Declividade máxima do terreno; item 6: Distância mínima do dosador ao operador; item 8: Nível de ruído e vibração; item 10: Ajustagem da distância do banco do operador; item 16: Número de partes móveis expostas; item 27: Variação da distância do comando ao piloto; item 28: Variação da altura do banco do operador. Estas são especificações de pro-

jeto que são identificadas a partir das necessidades de segurança dos clientes (Tabela 6.5).

### 6.3.4.1 – Identificar na legislação, NR's, NRR e normas técnicas as restrições de projeto (Figura 5.5 – Atividade 1.5 – Tarefa 1.5.2)

Neste estudo de caso, o *problema de projeto* é a *segurança do usuário* (operador e mantenedor) da transplantadora de mudas e, para explicitar e embasar o problema foi montada a seguinte estratégia de ação: buscou-se Legislação e Normas de Segurança e Higiene, com o uso do BDASMA, que são de observância obrigatória e pertinentes à máquina que está sendo projetada. Nesta busca, foram encontrados o Decreto Presidencial nº 1.255<sup>2</sup> (Brasil, 1994) e a NRR<sup>2</sup> (Proteção, 2001). Após realizar a leitura completa destes documentos, foram extraídas as *determinações* (Tabela 6.3) contidas nos mesmos, que poderão ser aplicáveis a este equipamento que está sendo desenvolvido e que serão as norteadoras de todas as etapas vindouras da metodologia para a concepção de máquinas agrícolas seguras.

A Tabela 6.7 apresenta para cada atributo de segurança definido na Figura 5.13 (Capítulo 5) as restrições de segurança para a transplantadora de mudas extraídas da legislação. Ou seja, utilizando-se a estrutura de atributos já definida, busca-se na legislação e normas as restrições de projeto para a segurança na forma de palavras chave e lê-se o material com maior objetividade na busca de trechos ou artigos que se referem aquele atributo.

**TABELA 6.7 – Restrições de segurança (D 16)**

RESTRICÇÕES DE SEGURANÇA			
ITEM Nº	ATRIBUTOS DE SEGURANÇA	RESTRICÇÃO	FONTE (*)
1	CAPACITAÇÃO	Garantir que a máquina só sairá da indústria para comercialização, após <b>todos os meios que serão utilizados para a capacitação</b> de todos os envolvidos no processo terem sido confeccionados de forma a serem facilmente entendidos e assimilados	BDASMA (F 19)
2	CLIMA	Prever sistema de proteção do operador para longas exposições ao sol e às intempéries	BDASMA (F 19)
3	COMUNICAÇÃO SONORA	Prever sistemas de sinais sonoros que garantam a segurança do usuário e/ou envolvidos no processo.	BDASMA (F 19)
4	COMUNICAÇÃO TÁCTIL	Prever que os comandos e controles permitirão fácil e segura comunicação táctil com o usuário	BDASMA (F 19)
5	COMUNICAÇÃO VISUAL	Garantir, na máquina, sistemas visuais que proporcionem segurança do usuário e ambiente	BDASMA (F 19)
6	DIMENSÕES	Garantir que as dimensões para acesso, movimentação, conforto e de restrições de acesso sejam observadas a fim de proporcionar segurança e conforto do usuário	BDASMA (F 19)
7	DINÂMICA	Ter velocidade, aceleração, torque e aspectos relacionados à inércia que não provoquem danos à saúde e ao ambiente	BDASMA (F 19)
8	ELEMENTOS MECÂNICOS	Garantir que os elementos móveis, elementos cortantes, fixações, acoplamentos e o acabamento da máquina não ofereçam riscos ao usuário e ambiente	BDASMA (F 19)

<sup>2</sup> **NOTA DO AUTOR:** A íntegra deste documento encontra-se disponível no “Banco de dados sobre aspectos de segurança em máquinas agrícolas”

**TABELA 6.7 (cont.) – Restrições de segurança (D 16)**

<b>RESTRICÇÕES DE SEGURANÇA</b>			
<b>ITEM Nº</b>	<b>ATRIBUTOS DE SEGURANÇA</b>	<b>RESTRICÇÃO</b>	<b>FONTE (*)</b>
9	ENERGIA GERADORA OU GERADA	Garantir a inexistência de acesso e de não vazamento ao ambiente de energia térmica, elétrica, mecânica, atômica, etc., geradora ou gerada que possa causar danos ou ferimentos à saúde do operador e ao ambiente.	BDASMA (F 19)
10	EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL	Garantir a descrição de todas as operações insalubres e perigosas existentes nos equipamentos e os EPI's necessários para amenizar e/ou prevenir estes perigos	BDASMA (F 19)
11	ESFORÇOS FÍSICOS	Garantir que o operador não tenha que desenvolver esforços que excedam a sua capacidade física mesmo que sejam realizados de forma repetitiva e constante.	BDASMA (F 19)
12	ESTABILIDADE DO EQUIPAMENTO	Ter sistemas de proteção para eventuais emborcamentos, tombamentos, capotamentos, abalroamentos e colisões.	BDASMA (F 19)
13	MANUAIS	Garantir o fácil acesso ao manual e às informações nele contidas a fim de garantir a segurança do usuário.	BDASMA (F 19)
14	POSICIONAMENTO E FORMA DE ACIONAMENTO DE CONTROLES E COMANDOS	Garantir que o posicionamento e a forma de acionamento dos controles e comandos sejam tais que não colaborem para causar acidentes e nem lesões ao operador.	BDASMA (F 19)
15	RUÍDOS	Garantir que os ruídos não ultrapassarão 85 dB(A) para cada 8 horas de trabalho.	BDASMA (F 19)
16	SUBSTÂNCIAS TÓXICAS	Garantir que o equipamento de trabalho será projetado de tal forma que qualquer material ou radiação perigosa presentes durante a operação seja identificada e tratada com os dispositivos adequados, evitando expor o operador a riscos para a saúde.	BDASMA (F 19)
17	VIBRAÇÃO	Isolar o operador de vibrações que possuem frequências inferiores a 30 Hz.	BDASMA (F 19)
18	VISIBILIDADE	Garantir que o usuário sempre terá boa visibilidade para executar todas as tarefas previstas na operação e manutenção do equipamento.	BDASMA (F 19)

\* - A **FONTE** de onde foram extraídas as restrições estão devidamente citadas no **BDASMA (F 19)**

Estas restrições de segurança, de observância obrigatória, conforme exposto no item 5.4.5.2, Figura 5.9 (Capítulo 5), somam-se às especificações de projeto sem necessidade de hierarquização pelos motivos já expostos.

### 6.3.5 – Revisão do projeto informacional (Figura 5.5 – Atividade 1.6)

#### 6.3.5.1 – Aplicar a lista de verificação para averiguar se os requisitos e as restrições contemplam as estratégias da empresa para a segurança do produto (Figura 5.5 – Tarefa 1.6.1)

Conforme já explanado no item 6.2, Carrafa (2002) não apresenta o planejamento estratégico da empresa. Assim, neste trabalho, considerou-se que todos os requisitos e as restrições identificados contemplam as estratégias da empresa para a segurança do produto. Portanto, a lista de verificação para averiguar se os requisitos e restrições contemplam as estratégias da empresa para a segurança do produto (F 20) não será utilizada.

Ao considerar-se que as especificações e restrições são adequadas por se mostrarem

suficientemente claras para a equipe de projeto, passa-se à próxima fase do processo de projeto, denominada projeto conceitual.

Porém, embora não existam estratégias da empresa, a título de contribuição deste trabalho, demonstra-se através de um exemplo o que deveria ser realizado caso houvesse. Ou seja, para contemplar a restrição *garantir fácil acesso ao manual e informações* deveriam ser fixadas metas e datas para que a empresa melhorasse toda a sua linha de produtos, fontes de informações, fornecedores e outros.

Assim, a equipe de projeto, ao longo do tempo, poderia verificar se as metas foram atingidas e, em caso negativo, identificar suas causas e corrigir.

## **6.4 – FASE DE PROJETO CONCEITUAL**

Como na fase anterior, para uma melhor compreensão da metodologia proposta, a seguir serão apresentadas todas as atividades (e suas respectivas tarefas) que compõem a fase de projeto conceitual, descrevendo resumidamente os resultados obtidos por Carrafa (2002), bem como os resultados com as contribuições oferecidas pela metodologia para a concepção de máquinas agrícolas seguras.

### **6.4.1 – Estabelecer as estruturas funcionais do produto (Figura 5.11 – Atividade 2.1)**

#### **6.4.1.1 – Estabelecer a função global do produto (Figura 5.11 – Tarefa 2.1.1)**

Carrafa (2002), para o estabelecimento da estrutura funcional da transplantadora de mudas, iniciou com a identificação da função global, baseando-se no fluxo de energia, material e sinal. Usando diagrama de blocos, foi expressa a relação existente entre as entradas e as saídas do sistema, independente da solução a ser escolhida para ele.

A transplantadora de mudas para pequenas propriedades foi desenvolvida por Carrafa (2002) com base na *metodologia de projeto para sistemas modulares* ao passo que este trabalho baseia-se em *metodologia de projeto para sistemas dedicados*. Portanto, todas as atividades e tarefas possuirão seu foco na *variante da função global* selecionada pelo autor como sendo a ideal o que, no caso em questão, será considerada a *função global da transplantadora de mudas*.

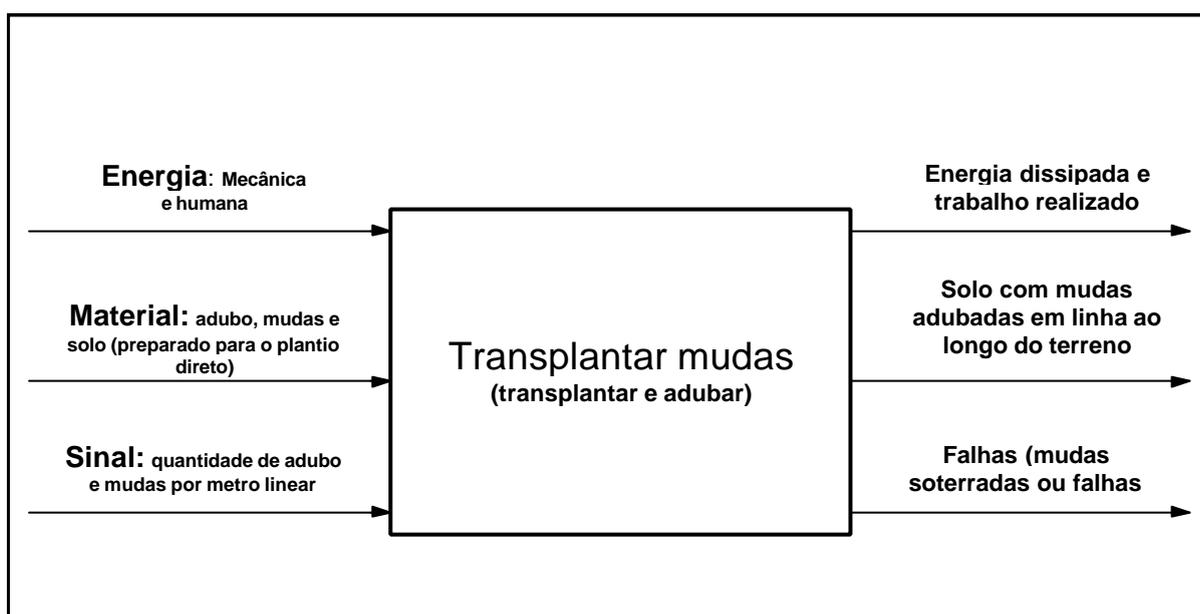
A Figura 6.3 apresenta o que será considerado neste trabalho como sendo a função global para o transplante de mudas.

Neste trabalho, a exemplo do relatado anteriormente, só será reproduzida a estrutura funcional para a variante da função global selecionada por Carrafa (2002) e que aqui é considerada como a função global da máquina.

### 6.4.1.2 – Análise da função global com foco na segurança do produto (Figura 5.11 – Tarefa 2.1.2)

Para a análise da função global com foco na segurança do produto, a partir do que já foi definido por Carrafa (2002) e com o auxílio das ferramentas F 19 e F 21, identificou-se os potenciais perigos que poderão surgir para cada tipo de energia, material e sinal sugerido para o produto.

A Tabela 6.8 mostra os potenciais perigos identificados quando do estabelecimento da função global do produto. Como já explicitado no Capítulo 5, a identificação destes potenciais perigos deverá servir para que a equipe de projeto busque soluções para evita-los.



**FIGURA 6.3** – Função global para o transplante de mudas.

Fonte: Carrafa, 2002.

Concluída esta atividade, passa-se então para a seleção da estrutura funcional que melhor atende o problema de projeto da transplantadora de mudas.

Embora se saiba que a transplantadora de mudas não possuirá energia elétrica, hidráulica ou pneumática, acredita-se que esta é uma contribuição expressiva para futuras fases do processo de projeto, no mínimo para a redação de manuais e/ou preparação de cursos de capacitação, visto que a mesma quando em operação, estará acoplada a um microtrator. Logo, o conjunto formado possuirá estas fontes de energia citadas anteriormente, sendo, portanto, prudente considerá-las.

**TABELA 6.8** – Potenciais perigos identificados quando do estabelecimento da função global do produto

	TIPOS	POTENCIAIS PERIGOS	FONTES DE CONSULTA
<b>ENERGIA</b>	Mecânica	Lesão Amputação Morte	Iida (1993); Alonço (1999); Carpes Júnior (2001); Hammer (1993); NRR; NR's, BDASMA (F 19).
	Elétrica	Choque elétrico Morte Lesão	
	Humana	Fadiga Distração Desmotivação Subestima Ações involuntárias Dúvidas operacionais Perda de noção da atividade	
	Hidráulica	Lesão Amputação Morte Ações involuntárias Dúvidas operacionais	
	Pneumática,	Lesão Amputação Morte Ações involuntárias Dúvidas operacionais	
<b>SINAL</b>	Sonoro	Incômodo Fadiga Lesões auriculares	Iida (1993); Fialho (2000); NRR; NR's, BDASMA (F 19).
	Luminoso	Confusão mental Lesão ocular	
	Formas	Incômodo Fadiga Dúvidas operacionais	
	Cores	Confusão mental Dúvidas operacionais Lesão	
	Símbolos	Confusão mental Dúvidas operacionais Incômodo	
<b>MATERIAL</b>	Muda	Lesão Intoxicação	Márquez (1997); Márquez (1999); NRR; NR's, BDASMA (F 19).
	Adubo	Lesão Intoxicação	
	Solo	Lesão Intoxicação	

#### **6.4.2 - Selecionar a estrutura funcional que melhor atende o problema de projeto (Figura 5.11 – Atividade 2.2 – Tarefas 2.2.1 e 2.2.2)**

Carrafa (2002) estabeleceu as estruturas funcionais alternativas para a função global utilizando-se de tabelas de arranjos de funções. Posteriormente selecionou a estrutura funcional que melhor atende o problema de projeto (Figura 5.11 – Tarefa 2.2.2).

A Figura 6.4 apresenta a estrutura funcional selecionada para atender o problema de projeto, após terem sido realizados por Carrafa (2002) todos os procedimentos para tal.

Carrafa (2002), estabeleceu algumas notações para representar a estrutura de funções da transplantadora de mudas. São elas:

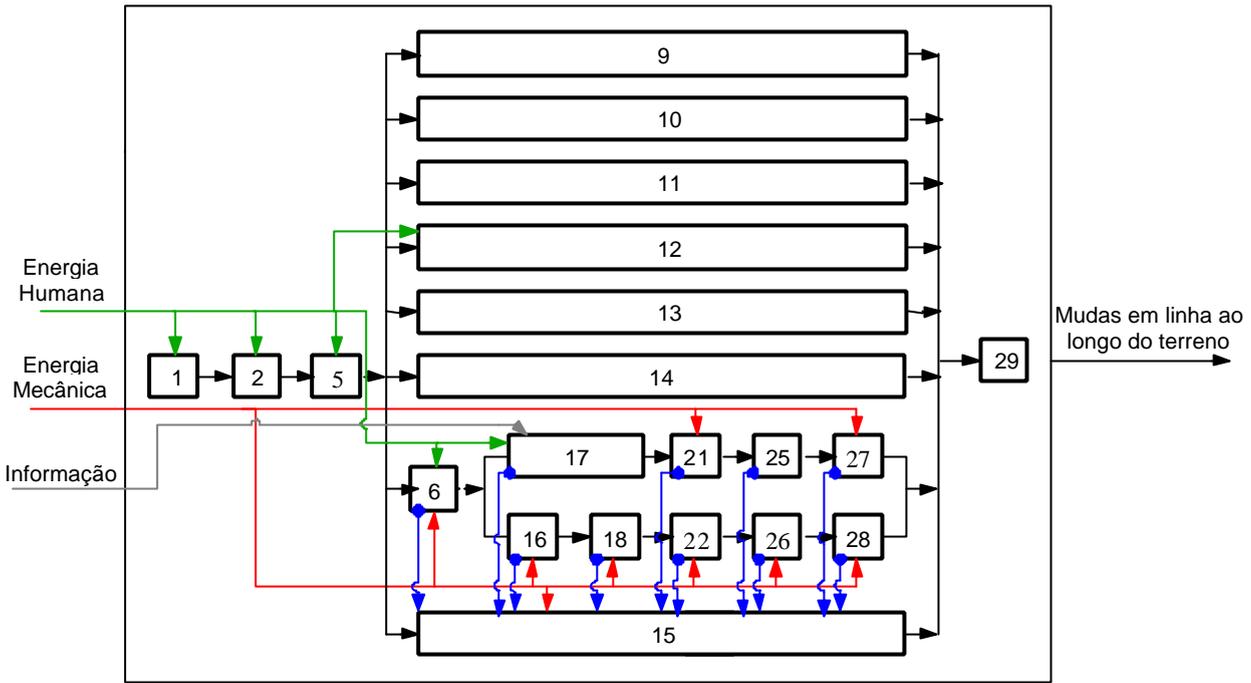
- ≡≡ Linha pontilhada em preto representa a fronteira do sistema;
- ≡≡ As subfunções são descritas por um verbo + um substantivo;
- ≡≡ As entradas dos sistemas ficam agrupadas do lado esquerdo, e as saídas do lado direito da fronteira;
- ≡≡ O fluxo de energia humana é representado no sistema em verde; o fluxo de energia mecânica, em vermelho; a cor cinza representa o fluxo de informação; a linha azul representa a ordem da configuração na estrutura da máquina.

#### 6.4.2.1 - Analisar a estrutura de funções com foco na segurança (Figura 5.11 – Tarefa 2.2.3)

Antes de iniciar a análise da estrutura de funções propriamente dita, se faz necessário a explicação de como foi construída a Tabela 6.9 (F 22) que, como já explicitado no Capítulo 5, serve de apoio às Ferramentas F 23 e F 25.

Assim sendo, após buscar e encontrar legislação pertinente ao assunto e, delas extrair as *determinações* referentes à segurança (Tabela 6.3), foram procuradas *Normas Técnicas Nacionais Específicas* sobre transplantadoras de mudas que, infelizmente, não existem. O passo seguinte foi a procura de *Normas Técnicas Nacionais Complementares* que fornecessem as especificações técnicas (ou **princípios de solução para a segurança**) para atender as determinações contidas no Decreto Presidencial nº 1.255 (Brasil, 1994) e na NRR (Proteção, 2001). Por duas razões principais também se buscou princípios de solução para a segurança em *Normas Técnicas Internacionais*: a) na busca de soluções técnicas não contidas em Normas Técnicas Nacionais a fim de atender a alguma determinação legislativa; b) para demonstrar como seria o procedimento de projeto caso a indústria planejasse inserir o seu produto no mercado internacional.

As Figuras 7.1 e 7.2 (Capítulo 7) mostram o Roteiro, a Legislação, as Normas Técnicas Nacionais Complementares e as Normas Técnicas Internacionais Complementares que foram consultadas e que forneceram subsídios para a obtenção das *restrições de segurança* da transplantadora de mudas e os seus conseqüentes *princípios de solução para a segurança*.



**FIGURA 6.4** – Estrutura funcional selecionada para atender o problema de projeto

Fonte: Carrafa, 2002.

**LEGENDA:**

FUNÇÃO	LEGENDA	FUNÇÃO	LEGENDA
1	Acoplar tração	16	Cortar palha
2	Abastecer armazém (de mudas)	17	Alimentar dosador (de mudas)
5	Regular subconjuntos	18	Romper solo
6	Acionar deslocamento	21	Dosar mudas
9	Armazenar mudas	22	Conter solo
10	Captar potência	25	Conduzir mudas
11	Possibilitar mobilidade	26	Posicionar mudas
12	Imprimir direção	27	Colocar solo (sobre a muda)
13	Limitar profundidade	28	Pressionar solo (sobre a muda)
14	Transmitir energia	29	Alinhar mudas

É importante salientar que, mesmo não existindo uma Norma Técnica Específica para Transplantadora de Mudas o processo não sofreu interferência, visto que são conhecidas as restrições legislativas para máquinas agrícolas e, a partir delas é que foram buscadas nas Normas Técnicas as *soluções*.

A Tabela 6.9 apresenta para cada *atributo* definido na Figura 5.13 (Capítulo 5), as *restrições* e *princípios de solução para a segurança* extraídos da Legislação e de seu relacionamento com as Normas Técnicas Nacionais Complementares e, eventualmente, com as Normas Técnicas Internacionais Complementares (Figura 7.2).

As informações relativas a atributos de segurança, Legislação, Normas Técnicas Nacionais Específicas, Normas Técnicas Nacionais Complementares, Normas Técnicas Internacionais Complementares, restrições e princípios de solução para a segurança, entre outros, constituem o *Banco de Dados sobre Aspectos de Segurança em Máquinas Agrícolas* (Capítu-

lo 7) e foram de lá extraídas.

Para facilitar o trabalho do projetista, na *matriz de relacionamento entre restrições e princípios de solução para a segurança para atender a estas restrições* (F 22), para cada *princípio de solução para a segurança* associou-se um código alfa numérico (1 B, 3 C, 4 B, etc.), de modo que o mesmo seja usado posteriormente nas ferramentas 23 e 25, respectivamente.

**TABELA 6.9** - Matriz de relacionamento entre as **restrições** e os **princípios de solução para a segurança** que atendem a estas restrições.

ITEM N <sup>o</sup>	ATRIBUTOS DE SEGURANÇA	RESTRIÇÃO	PRINCÍPIO (S) DE SOLUÇÃO PARA A SEGURANÇA - PSS -	PSS N <sup>o</sup>
1	CAPACITAÇÃO	Garantir que a máquina só sairá da indústria para comercialização, após <u>todos os meios que serão utilizados para a capacitação</u> de todos os envolvidos no processo terem sido confeccionados de forma a serem facilmente entendidos e assimilados	Prever e executar cursos de capacitação para empregadores, vendedores, operadores e mantenedores;	1 A
			Recursos audiovisuais deverão ser confeccionados em linguagem simples e fácil de ser compreendida pelo público alvo que, via de regra (principalmente operadores), possuem baixa escolaridade	1 B
2	CLIMA	Prever sistema de proteção do operador para longas exposições ao sol e às intempéries	Sugerir, nos cursos de capacitação de usuários e nos manuais das máquinas, quando a mesma não oferecer recursos que garantam a não exposição dos usuários às intempéries que os empregadores garantam aos operadores protetores solares e EPI's que minimizem os efeitos do ambiente nocivos à saúde humana;	2 A
			Prever cabinas que isolem o operador dos efeitos causados pelas intempéries;	2 B
			Prever toldos que amenizem os efeitos das intempéries.	2 C
3	COMUNICAÇÃO SONORA	Prever sistemas de sinais sonoros que garantam a segurança do usuário e/ou envolvidos no processo.	Dotar as máquinas de sinais sonoros de ré acoplados ao sistema de câmbio de marchas;	3 A
			Dotar as máquinas de sistemas sonoros que indiquem falhas em mecanismos vitais para que ela desempenhe com eficiência sua função;	3 B
			Dotar as máquinas com sistemas sonoros que indiquem falhas perigosas do sistema ou vazamentos de substâncias tóxicas.	3 C
4	COMUNICAÇÃO TÁCTIL	Prever que os comandos e controles permitirão fácil e segura comunicação táctil com o usuário	Dotar as máquinas de comandos e controles que possuam materiais e formas que sejam facilmente identificados pelo tato e que não proporcionem lesões ao usuário pelo uso repetitivo e constante.	4 A

**TABELA 6.9 (Cont.)** - Matriz de relacionamento entre as **restrições** e os **princípios de solução para a segurança** que atendem a estas restrições.

<b>ITEM N°</b>	<b>ATRIBUTOS DE SEGURANÇA</b>	<b>RESTRIÇÃO</b>	<b>PRINCÍPIO (S) DE SOLUÇÃO PARA A SEGURANÇA - PSS -</b>	<b>PSS N°</b>
5	<b>COMUNICAÇÃO VISUAL</b>	Garantir, na máquina, sistemas visuais que proporcionem segurança do usuário e ambiente.	Dotar a máquina de adesivos indicativos de perigo, nos locais que ofereçam riscos aos usuários;	<b>5 A</b>
			Utilizar símbolos normalizados nos comandos e controles das máquinas;	<b>5 B</b>
			Prever pintura padrão para as partes perigosas da máquina.	<b>5 C</b>
6	<b>DIMENSÕES</b>	Garantir que as dimensões para acesso, movimentação, conforto e de restrições de acesso sejam observadas a fim de proporcionar segurança e conforto do usuário.	Máquinas que possuam plataforma de trabalho deverão ser dotadas de guarda-corpos e escadas de acesso antiderrapante com corrimão;	<b>6 A</b>
			Máquinas para cortar, picar, triturar, moer e similares devem dispor de sistema alimentador que garanta uma distância mínima de 80 cm entre as partes cortantes da máquina e as mãos do operador;	<b>6 B</b>
			Dotar os assentos de opções de regulação e inclinação para garantir a perfeita operação do equipamento por pessoas de diferentes estaturas;	<b>6 C</b>
			Todas as máquinas tripuladas deverão possuir apoio para os pés ajustáveis às características antropométricas dos usuários;	<b>6 D</b>
			Prever a utilização de EPI's (luvas de aço inox, botinas com bico de aço, etc.) que garantam a segurança de membros inferiores e superiores do usuário quando do contato com peças cortantes e/ou móveis que sejam impossíveis de ser projetadas protegidas ou enclausuradas e/ou, obrigatoriamente, necessitem do contato com o usuário para executar sua função;	<b>6 E</b>
			Dotar a máquina de sistemas protetores para o não acesso de membros superiores à folgas que os mecanismos necessitem possuir;	<b>6 F</b>
			Dotar a máquina de aberturas padrão de modo a não prender as mãos e artelhos do operador;	<b>6 G</b>
			Dotar a máquina de sistemas protetores para o não acesso de membros superiores e inferiores à superfície quentes, contaminadas;	<b>6 H</b>
7	<b>DINÂMICA</b>	Ter velocidade, aceleração, torque e aspectos relacionados à inércia que não provoquem danos à saúde e ao ambiente.	Prever rotação de alojadores de mudas compatíveis com os reflexos humanos;	<b>7 A</b>
			Prever velocidades de trabalho que não ofereçam riscos ao operador e ambiente;	<b>7 B</b>

**TABELA 6.9 (Cont.)** - Matriz de relacionamento entre as **restrições** e os **princípios de solução para a segurança** que atendem a estas restrições.

ITEM N <sup>o</sup>	ATRIBUTOS DE SEGURANÇA	RESTRIÇÃO	PRINCÍPIO (S) DE SOLUÇÃO PARA A SEGURANÇA - PSS -	PSS N <sup>o</sup>
8	ELEMENTOS MECÂNICOS	Garantir que os elementos móveis, elementos cortantes, fixações, acoplamentos e o acabamento da máquina não ofereçam riscos ao usuário e ambiente.	Projetar sistemas de fixação que não apresentem saliências e arestas cortantes que causem riscos de ferimentos ao usuário;	8 A
			Projetar transmissões e sistemas móveis enclausurados ou protegidos;	8 B
			Prever sistema de embreagem que possa ser acionado pelos pés caso os membros superiores fiquem presos entre alojadores de mudas;	8 C
			Projetar sistemas de segurança que garantam a não movimentação de peças perigosas durante a manutenção;	8 D
9	ENERGIA GERADORA OU GERADA	Garantir a inexistência de acesso e de não vazamento ao ambiente de energia térmica, elétrica, mecânica, atômica, etc., geradora ou gerada que possa causar danos ou ferimentos à saúde do operador e ao ambiente.	Projetar sistemas que isolem o usuário e o ambiente destas fontes de energia;	9 A
			Projetar sistemas redundantes que garantam o não vazamento de combustíveis, elementos e da própria energia ao ambiente;	9 B
10	EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL	Garantir a descrição de todas as operações insalubres e perigosas existentes nos equipamentos e os EPI's necessários para amenizar e/ou prevenir estes perigos.	Óculos recomendados;	10 A
			Luvas recomendadas;	10 B
			Botas recomendadas;	10 C
			Capacete recomendado;	10 D
			Protetores auriculares recomendados;	10 E
			Caneleiras recomendadas;	10 F
			Aventais recomendados;	10 G
Máscaras recomendadas;	10 H			
11	ESFORÇOS FÍSICOS	Garantir que o operador não tenha que desenvolver esforços que excedam a sua capacidade física mesmo que sejam realizados de forma repetitiva e constante.	As máquinas autopropelidas deverão possuir direção hidráulica;	11 A
			Os comandos e controles acionados pelos membros superiores não deverão causar fadiga muscular e nem confusão mental, nas ações de puxar, levantar, empurrar, torcer;	11 B
			Os comandos e controles acionados pelos membros inferiores não deverão causar fadiga muscular e nem confusão mental nas ações de puxar, levantar, empurrar;	11 C
			A operação manual de carga e descarga em máquinas o trabalho deverá ser realizado com o auxílio de ajudantes;	11 D
12	ESTABILIDADE DO EQUIPAMENTO	Garantir que a máquina possua proteções para eventuais emborcamentos, tombamentos, capotamentos, abalroamentos e colisões.	Todas as máquinas tripuladas deverão possuir cinto de segurança (se possível, de três pontos ou pélvico);	12 A
			As máquinas autopropelidas deverão possuir cabinas com estrutura de proteção anticapotamento;	12 B
			As máquinas tripuladas, dependendo do caso, deverão possuir estrutura anticapotamento;	12 C
			As máquinas tripuladas deverão possuir estrutura antitombamento (“mata-cachorro”);	12 D

**TABELA 6.9 (Cont.)** - Matriz de relacionamento entre as **restrições** e os **princípios de solução para a segurança** que atendem a estas restrições.

ITEM N <sup>o</sup>	ATRIBUTOS DE SEGURANÇA	RESTRIÇÃO	PRINCÍPIO (S) DE SOLUÇÃO PARA A SEGURANÇA - PSS -	PSS N <sup>o</sup>
13	MANUAIS	Garantir o fácil acesso ao manual e às informações nele contidas a fim de garantir a segurança do usuário.	Redigir manuais em linguagem simples, onde as informações sejam facilmente encontradas e entendidas;	13 A
			Deverão ser evitados a abreviação de palavras e os “estrangeirismos”;	13 B
			O manual deverá ter um índice emissivo que permita encontrar fácil e rapidamente a solução para aspectos que possam oferecer riscos à segurança do usuário;	13 C
			Nos manuais devem conter: a) a especificação dos riscos; b) os níveis de ruído e vibração gerados nas condições normais de operação; c) as formas corretas de prevenção de acidentes e doenças; d) os riscos ambientais; e) o conteúdo programático para a capacitação dos operadores e mantenedores;	13 D
			Prever, na máquina, um local para o armazenamento do manual, de modo que ele fique bem resguardado e a ele se tenha fácil acesso.	13 E
14	POSICIONAMENTO E FORMA DE ACIONAMENTO DE CONTROLES E COMANDOS	Garantir que o posicionamento e a forma de acionamento dos controles e comandos sejam tal que não colaborem para causar acidentes e nem lesões ao operador	Os comandos e controles das máquinas deverão ter posicionamento e dimensões que possibilitem fácil alcance e ângulos adequados entre as diversas partes do corpo do operador;	14 A
			Os comandos e controles deverão ser projetados de forma que o tipo, design e disposição serão correspondentes à tarefa de controle a ser executada;	14 B
			A função do comando deverá ser facilmente identificável para evitar confusão e distinta da função de qualquer outro comando adjacente;	14 C
			A posição do comando, seu movimento, efeito e a correspondente função ou informação apresentada serão mutuamente compatíveis;	14 D
			Os comandos, em especial o comando de arranque, deverão ser projetados, selecionados e dispostos de tal forma que seja evitada sua operação involuntária;	14 E
			Todas as máquinas agrícolas projetadas pela empresa deverão, dentro do possível, manter a mesma distribuição dos comandos para evitar confusões ao operador e reduzir o número de erros cometidos quando o mesmo trocar de máquina por outra de tipo ou função semelhante;	14 F

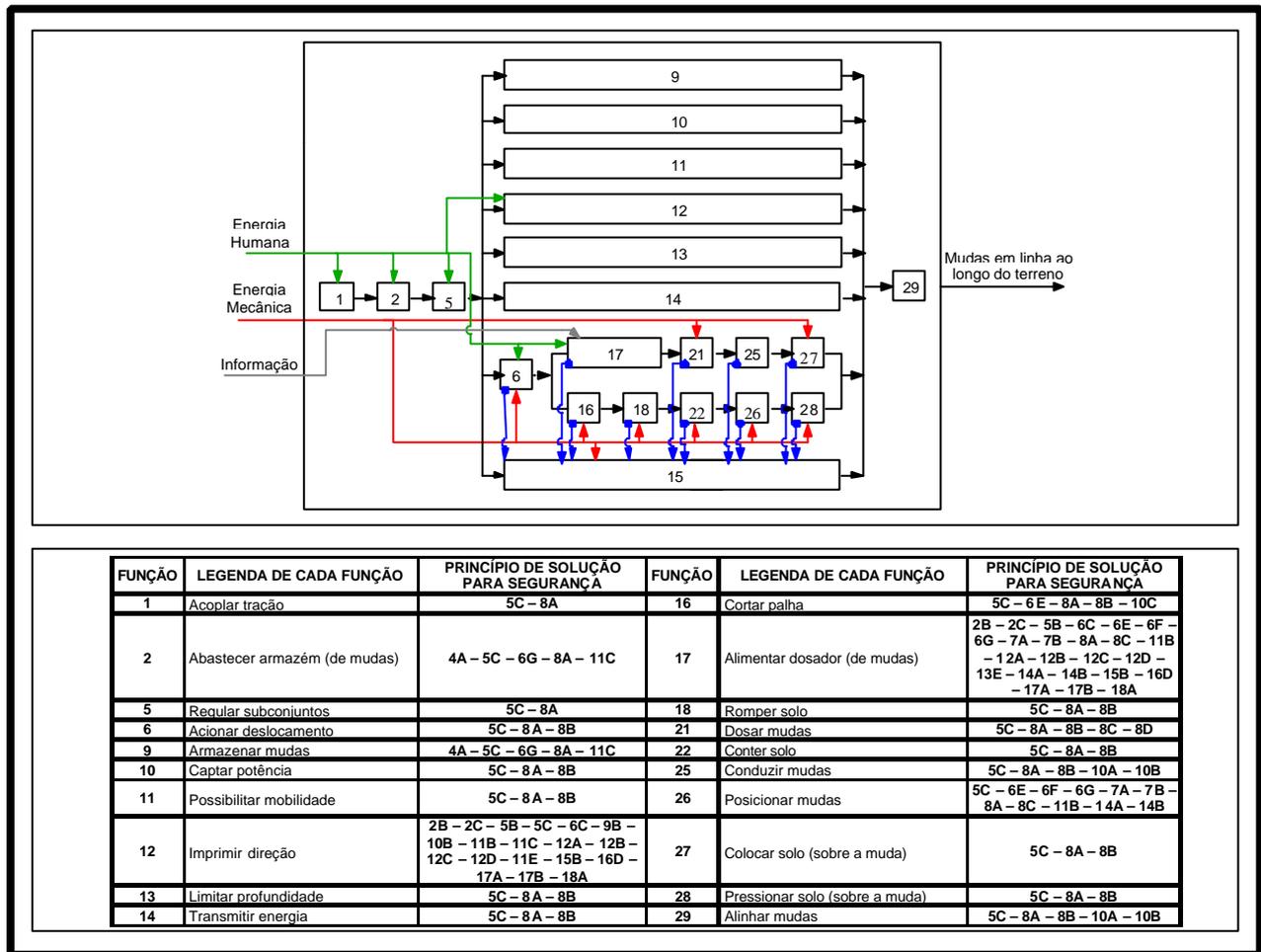
**TABELA 6.9 (Cont.)** - Matriz de relacionamento entre as **restrições** e os **princípios de solução para a segurança** que atendem a estas restrições.

ITEM N <sup>o</sup>	ATRIBUTOS DE SEGURANÇA	RESTRIÇÃO	PRINCÍPIO (S) DE SOLUÇÃO PARA A SEGURANÇA - PSS -	PSS N <sup>o</sup>
14	POSICIONAMENTO E FORMA DE ACIONAMENTO DE CONTROLES E COMANDOS	Garantir que o posicionamento e a forma de acionamento dos controles e comandos sejam tal que não colaborem para causar acidentes e nem lesões ao operador.	A distribuição dos painéis de comando assim como sua forma, situação e bloqueio, deverão ser projetados para evitar possíveis erros humanos durante seu manejo;	14 G
			O número de comandos deverá ser mantido em um mínimo, de acordo com as exigências a serem consideradas. Os comandos deverão ser distribuídos de forma a garantir uma operação segura, inequívoca e funcional. Isto deverá ser realizado levando em conta aspectos tais como: a ordem das operações a realizar, sua prioridade, seu significado e sua frequência.	14 H
15	RUÍDOS	Garantir que os ruídos não ultrapassarão 85 dB(A) para cada 8 horas de trabalho.	Em máquinas autopropelidas, projetar motores que possuam silenciosos e filtros que garantam a emissão de ruídos em níveis bem abaixo do estipulado;	15 A
			Em máquinas tracionadas e que necessitem a presença de um ou mais operadores, prever a utilização de EPI auriculares pelos mesmos;	15 B
			Os métodos de projeto deverão incidir sobre o controle da emissão na fonte, a tal ponto que os valores finais de emissão sejam baixos comparados com outras máquinas do mesmo tipo.	15 C
16	SUBSTÂNCIAS TÓXICAS	Garantir que o equipamento de trabalho será projetado de tal forma que qualquer material ou radiação perigosa presentes durante a operação seja identificada e tratada com os dispositivos adequados, evitando expor o operador a riscos para a saúde.	Os diferentes elementos de trabalho deverão ser distribuídos de forma a otimizar a eficácia da tarefa e assegurar a saúde e bem estar do operador. Por exemplo, os espaços livres entre os diferentes elementos do equipamento de trabalho deverão ser suficientes para permitir deslocamentos do operador e passagem de materiais onde seja necessário;	16 A
			Os equipamentos portáteis deverão ter dimensões, peso e equilíbrio de suas massas apropriadas e uma forma adequada à anatomia das mãos e deverão permitir ao operador utilizar os movimentos naturais do corpo durante seu uso;	16 B
			Sempre que possível, deverá ser considerada a possibilidade de utilização do equipamento por destros e esquerdos;	16 C
			Quando for impossível isolar totalmente o operador de substâncias tóxicas, alertar para este perigo e prever a utilização de EPI's (luvas, máscaras, capas.)	16 D
17	VIBRAÇÃO	Isolar o operador de vibrações de baixa frequência.	Projetar o assento do operador com suspensão automática;	17 A
			Projetar o assento do operador com molas que absorvam vibrações de baixa frequência;	17 B
			Eliminar, através de projeto da máquina, as vibrações geradas pelo seu funcionamento.	17 C

**TABELA 6.9 (Cont.)** - Matriz de relacionamento entre as **restrições** e os **princípios de solução para a segurança** que atendem a estas restrições.

ITEM N°	ATRIBUTOS DE SEGURANÇA	RESTRIÇÃO	PRINCÍPIO (S) DE SOLUÇÃO PARA A SEGURANÇA - PSS -	PSS N°
18	VISIBILIDADE	Garantir que o usuário sempre terá boa visibilidade para executar todas as tarefas previstas na operação e manutenção do equipamento	Projetar o equipamento de acordo com as exigências visuais específicas requeridas pela tarefa;	18 A
			Projetar o equipamento de forma que sejam evitadas as oscilações de luz;	18 B
			Projetar o equipamento de modo que seja evitado eventual ofuscamento do operador;	18 C
			Projetar o equipamento de modo que eventuais sombras não causem confusões ao usuário;	18 D
			Projetar o equipamento de modo que não ocorram eventuais efeitos estroboscópios;	18 E
			Projetar o equipamento de modo que os contrastes sejam os mais adequados possíveis;	18 F

Determinados os princípios de solução para a segurança pela ferramenta F 22 (Tabela 6.9), para cada função que terá que executar a máquina são colocadas as várias hipóteses possíveis de PSS (Figura 6.5) de forma que em atividades futuras, após ter sido selecionada a melhor alternativa de concepção da transplantadora de mudas, sejam os PSS que melhor se adequem incorporados ao projeto do produto.



**FIGURA 6.5** – Princípios de solução para a segurança para cada função que terá que executar a transplantadora de mudas (F 23).

Concluída esta tarefa, inicia-se então a atividade 2.3 (Figura 5.11).

### 6.4.3 – Estabelecer os princípios de solução que melhor atendem ao problema de projeto (Figura 5.11 – Atividade 2.3)

Carrafa (2002), após selecionar a estrutura funcional que, segundo as ferramentas utilizadas indicaram como sendo a que melhor se adequava ao problema de projeto, passou ao estabelecimento dos módulos construtivos que melhor resolveriam o problema de projeto (Figura 5.11 - Tarefas 2.3.1, 2.3.2 e 2.3.3).

Assim sendo, as soluções propostas por Carrafa (2002) para as funções da máquina que melhor atenderiam ao problema de projeto, de acordo com a estrutura funcional selecionada, foram<sup>3</sup>: Cortar palha (E 1); Colocar muda no solo (B 1); Abrir sulco (Au 1); Reservatório de mudas (Au 2); Alimentar dosador (Au 3); Fechar sulco (Au 4); Acionamento (Au 5); Locomoção (Au 6); Dirigir (Au 7); Dar forma (Au 8); Acoplar tração (Au 9).

Após identificados os módulos funcionais, Carrafa (2002) estabeleceu os módulos construtivos que melhor atendiam ao problema de projeto e, conseqüentemente, sua estrutura funcional.

A Tabela 6.10 apresenta para cada módulo funcional os princípios de solução associados a cada função que os compõem.

**TABELA 6.10** – Geração dos módulos construtivos.

DENOMINAÇÃO DO MÓDULO FUNCIONAL	FUNÇÕES CONTIDAS NO MÓDULO	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO ENCONTRADOS OU ESTABELECIDOS PARA CADA FUNÇÃO CONTIDA NO MÓDULO
<b>Cortar palha (E 1)</b>	Regular subconjunto	<del>del</del> Pinhão cremalheira <del>del</del> Fixação por atrito
	Cortar palha	<del>del</del> Faca <del>del</del> Rolo faca <del>del</del> Cutelo <del>del</del> Disco cortante
<b>Transplantador (B 1)</b>	Regular subconjunto	<del>del</del> Roda dentada <del>del</del> Correia dentada <del>del</del> Corrente
	Dosar muda	<del>del</del> Copos rotativos horizontais <del>del</del> Cones rotativos horizontais <del>del</del> Cones rotativos verticais <del>del</del> Disco Pretel
	Conduzir mudas	<del>del</del> Queda livre <del>del</del> Rotativo vertical
	Posicionar muda	<del>del</del> Língua cônica <del>del</del> Cones rotativos verticais

<sup>3</sup> B: Módulo Funcional Básico; Au: Módulo Funcional Auxiliar; E: Módulo que está presente em somente uma das variantes (especial); Ad: Módulo Adaptativo que está presente em somente uma das variantes.

**TABELA 6.10 (Cont.)** – Geração dos módulos construtivos

DENOMINAÇÃO DO MÓDULO FUNCIONAL	FUNÇÕES CONTIDAS NO MÓDULO	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO ENCONTRADOS OU ESTABELECIDOS PARA CADA FUNÇÃO CONTIDA NO MÓDULO
<b>Abrir sulco (Au 1)</b>	Regular subconjunto	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Através de furacão (vertical)</li> <li>☞ Através de furacão (angular)</li> <li>☞ Pinhão cremalheira</li> <li>☞ Fixação por atrito</li> </ul>
	Romper solo	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Cinzel</li> <li>☞ Disco cortante</li> <li>☞ Quilha</li> </ul>
<b>Reservatório de mudas (Au 2)</b>	Abastecer reservatório	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Manual</li> <li>☞ Automático</li> </ul>
	Reservar muda	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Bandeja</li> <li>☞ Grade</li> <li>☞ Caixa</li> </ul>
<b>Alimentar dosador de mudas (Au 3)</b>	Alimentar dosador de muda	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Manual</li> <li>☞ Automática</li> </ul>
<b>Fixar muda (Au 4)</b>	Colocar solo sobre a muda	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Roda Metálica</li> <li>☞ Roda de Borracha</li> </ul>
	Limitar profundidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Rodas metálicas</li> <li>☞ Rodas pneumáticas</li> </ul>
	Regular subconjunto	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Pinhão cremalheira</li> <li>☞ Fixação por atrito</li> </ul>
	Pressionar solo	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Roda Metálica</li> <li>☞ Roda de Borracha</li> </ul>
<b>Captar potência (Au 5)</b>	Regular subconjunto	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Roda dentada</li> <li>☞ Correia dentada</li> <li>☞ Corrente</li> </ul>
	Transmitir potência	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Corrente</li> <li>☞ Correia dentada</li> <li>☞ Cabo flexível</li> </ul>
	Captar potência	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Roda captadora de potência</li> <li>☞ Roda de fechar sulco</li> <li>☞ Mecanismo de locomoção</li> </ul>
<b>Dar partida (Au 6)</b>	Acionar deslocamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Manual</li> <li>☞ Mecânico</li> </ul>
	Dar mobilidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Rodas pneumáticas</li> <li>☞ Rodas de metal</li> </ul>
<b>Imprimir direção (Au 7)</b>	Imprimir direção	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Manual</li> <li>☞ Teleguiada (GPS)</li> </ul>
<b>Dar forma (Au 8)</b>	Unir partes (unir os módulos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Chassi</li> <li>☞ Acoplamentos</li> </ul>
<b>Acoplar tração (Au 9)</b>	Unir a máquina ao trator	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Acoplamento com pino</li> <li>☞ Acoplamento com engate rápido</li> </ul>

Fonte: Carrafa, 2002.

Concluídas estas tarefas, inicia-se o relacionamento entre os princípios de solução encontrados e as restrições de segurança.

#### 6.4.3.1 – Relacionar restrições para cada princípio de solução encontrado (Figura 5.11 – Tarefa 2.3.4)

Nesta fase do processo de projeto, utilizando os dados da Tabela 6.9 (F 22), é que de-

verão ser relacionadas as *restrições de segurança* para cada *princípio de solução encontrado ou estabelecido* por Carrafa (2002) *para cada função*, assim como também outras *restrições* que por ventura possam existir e não sejam diretamente relacionáveis com os princípios de solução.

A Tabela 6.11 mostra o relacionamento que deverá existir entre os princípios de solução encontrados e as restrições de segurança a fim de proporcionar à equipe de projeto parâmetros que os ajudem a definir-se por determinados princípios de solução.

**TABELA 6.11** – Relacionamento entre os princípios de solução encontrados e as restrições de segurança.

DENOMINAÇÃO DO MÓDULO FUNCIONAL	FUNÇÕES CONTIDAS NO MÓDULO	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO ENCONTRADOS OU ESTABELECIDOS PARA CADA FUNÇÃO CONTIDA NO MÓDULO	RESTRICÇÕES
<b>Cortar palha (E 1)</b>	Regular subconjunto	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞☞ Pinhão cremalheira</li> <li>☞☞ Fixação por atrito</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞☞ ITEM 6: Garantir que as dimensões para acesso, movimentação, conforto e restrições de acesso sejam observadas a fim de proporcionar segurança do usuário;</li> <li>☞☞ ITEM 8: Garantir que os elementos móveis, elementos cortantes, fixações, acoplamentos e o acabamento da máquina não ofereçam riscos ao usuário;</li> <li>☞☞ ITEM 10: Garantir a descrição de todas as operações insalubres e perigosas existentes nos equipamentos e os EPI's necessários para amenizar e/ou prevenir estes perigos;</li> <li>☞☞ ITEM 15: garantir que os ruídos não ultrapassarão 85 dB(A) para cada 8 horas de trabalho;</li> </ul>
	Cortar palha	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞☞ Quilha</li> <li>☞☞ Rolo faca</li> <li>☞☞ Cutelo</li> <li>☞☞ Disco cortante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞☞ ITEM 6: Garantir que as dimensões para acesso, movimentação, conforto e restrições de acesso sejam observadas a fim de proporcionar segurança do usuário;</li> <li>☞☞ ITEM 8: Garantir que os elementos móveis, elementos cortantes, fixações, acoplamentos e o acabamento da máquina não ofereçam riscos ao usuário;</li> <li>☞☞ ITEM 10: Garantir a descrição de todas as operações insalubres e perigosas existentes nos equipamentos e os EPI's necessários para amenizar e/ou prevenir estes perigos;</li> <li>☞☞ ITEM 15: garantir que os ruídos não ultrapassarão 85 dB(A) para cada 8 horas de trabalho;</li> </ul>
<b>Transplantador (B 1)</b>	Regular subconjunto	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞☞ Roda dentada</li> <li>☞☞ Correia dentada</li> <li>☞☞ Corrente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞☞ ITEM 6: Garantir que as dimensões para acesso, movimentação, conforto e restrições de acesso sejam observadas a fim de proporcionar segurança do usuário;</li> <li>☞☞ ITEM 8: Garantir que os elementos móveis, elementos cortantes, fixações, acoplamentos e o acabamento da máquina não ofereçam riscos ao usuário;</li> <li>☞☞ ITEM 10: Garantir a descrição de todas as operações insalubres e perigosas existentes nos equipamentos e os EPI's necessários para amenizar e/ou prevenir estes perigos;</li> <li>☞☞ ITEM 15: garantir que os ruídos não ultrapassarão 85 dB(A) para cada 8 horas de trabalho;</li> </ul>

**TABELA 6.11 (Cont.)** – Relacionamento entre os princípios de solução encontrados e as restrições de segurança.

DENOMINAÇÃO DO MÓDULO FUNCIONAL	FUNÇÕES CONTIDAS NO MÓDULO	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO ENCONTRADOS OU ESTABELECIDOS PARA CADA FUNÇÃO CONTIDA NO MÓDULO	RESTRIÇÕES
<b>Transplantador (B 1)</b> (Continuação)	Dosar muda	<ul style="list-style-type: none"> <li>☒ Copos rotativos horizontais</li> <li>☒ Cones rotativos horizontais</li> <li>☒ Cones rotativos verticais</li> <li>☒ Disco Pretel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☒ ITEM 4: Prever que os comandos e controles permitirão fácil e segura comunicação tátil com o usuário;</li> <li>☒ ITEM 5: garantir, na máquina, sistemas visuais que proporcionem segurança do usuário e ambiente;</li> <li>☒ ITEM 6: Garantir que as dimensões para acesso, movimentação, conforto e restrições de acesso sejam observadas a fim de proporcionar segurança do usuário;</li> <li>☒ ITEM 7: Ter velocidade, aceleração, torque e aspectos relacionados à inércia que não provoquem danos à saúde e ao ambiente;</li> <li>☒ ITEM 8: Garantir que os elementos móveis, elementos cortantes, fixações, acoplamentos e o acabamento da máquina não ofereçam riscos ao usuário;</li> <li>☒ ITEM 10: Garantir a descrição de todas as operações insalubres e perigosas existentes nos equipamentos e os EPI's necessários para amenizar e/ou prevenir estes perigos;</li> <li>☒ ITEM 11: Garantir que o operador não tenha que desenvolver esforços que excedam a sua capacidade física mesmo que sejam realizados de forma repetitiva e constante;</li> <li>☒ ITEM 14: Garantir que o posicionamento e a forma de acionamento dos controles e comandos sejam tal que não colaborem para causar acidentes e nem lesões ao operador</li> <li>☒ ITEM 15: garantir que os ruídos não ultrapassarão 85 dB(A) para cada 8 horas de trabalho;</li> <li>☒ ITEM 18: Garantir que o usuário sempre terá boa visibilidade para executar todas as tarefas previstas na operação e manutenção do equipamento.</li> </ul>
	Conduzir mudas	<ul style="list-style-type: none"> <li>☒ Queda livre</li> <li>☒ Rotativo vertical</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☒ ITEM 6: Garantir que as dimensões para acesso, movimentação, conforto e restrições de acesso sejam observadas a fim de proporcionar segurança do usuário;</li> <li>☒ ITEM 8: Garantir que os elementos móveis, elementos cortantes, fixações, acoplamentos e o acabamento da máquina não ofereçam riscos ao usuário;</li> </ul>

**TABELA 6.11 (Cont.)** – Relacionamento entre os princípios de solução encontrados e as restrições de segurança.

DENOMINAÇÃO DO MÓDULO FUNCIONAL	FUNÇÕES CONTIDAS NO MÓDULO	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO ENCONTRADOS OU ESTABELECIDOS PARA CADA FUNÇÃO CONTIDA NO MÓDULO	RESTRIÇÕES
<b>Transplantador (B 1)</b> <b>(Continuação)</b>	Posicionar muda	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞☞ Língua cônica</li> <li>☞☞ Cones rotativos verticais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞☞ ITEM 4: Prever que os comandos e controles permitirão fácil e segura comunicação tátil com o usuário;</li> <li>☞☞ ITEM 5: garantir, na máquina, sistemas visuais que proporcionem segurança do usuário e ambiente;</li> <li>☞☞ ITEM 6: Garantir que as dimensões para acesso, movimentação, conforto e restrições de acesso sejam observadas a fim de proporcionar segurança do usuário;</li> <li>☞☞ ITEM 7: Ter velocidade, aceleração, torque e aspectos relacionados à inércia que não provoquem danos à saúde e ao ambiente;</li> <li>☞☞ ITEM 8: Garantir que os elementos móveis, elementos cortantes, fixações, acoplamentos e o acabamento da máquina não ofereçam riscos ao usuário;</li> <li>☞☞ ITEM 10: Garantir a descrição de todas as operações insalubres e perigosas existentes nos equipamentos e os EPI's necessários para amenizar e/ou prevenir estes perigos;</li> <li>☞☞ ITEM 11: Garantir que o operador não tenha que desenvolver esforços que excedam a sua capacidade física mesmo que sejam realizados de forma repetitiva e constante;</li> <li>☞☞ ITEM 14: Garantir que o posicionamento e a forma de acionamento dos controles e comandos sejam tal que não colaborem para causar acidentes e nem lesões ao operador</li> <li>☞☞ ITEM 15: garantir que os ruídos não ultrapassarão 85 dB(A) para cada 8 horas de trabalho;</li> <li>☞☞ ITEM 18: Garantir que o usuário sempre terá boa visibilidade para executar todas as tarefas previstas na operação e manutenção do equipamento.</li> </ul>
<b>Abrir sulco (Au 1)</b>	Regular subconjunto	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞☞ Através de furacão (vertical)</li> <li>☞☞ Através de furacão (angular)</li> <li>☞☞ Pinhão cremalheira</li> <li>☞☞ Fixação por atrito</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞☞ ITEM 8: Garantir que os elementos móveis, elementos cortantes, fixações, acoplamentos e o acabamento da máquina não ofereçam riscos ao usuário;</li> <li>☞☞ ITEM 15: garantir que os ruídos não ultrapassarão 85 dB(A) para cada 8 horas de trabalho;</li> </ul>

**TABELA 6.11 (Cont.)** – Relacionamento entre os princípios de solução encontrados e as restrições de segurança.

DENOMINAÇÃO DO MÓDULO FUNCIONAL	FUNÇÕES CONTIDAS NO MÓDULO	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO ENCONTRADOS OU ESTABELECIDOS PARA CADA FUNÇÃO CONTIDA NO MÓDULO	RESTRIÇÕES
<b>Abrir sulco (Au 1)</b> <b>(Continuação)</b>	Romper solo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✂✂ Cinzel</li> <li>✂✂ Disco cortante</li> <li>✂✂ Quilha</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✂✂ ITEM 6: Garantir que as dimensões para acesso, movimentação, conforto e restrições de acesso sejam observadas a fim de proporcionar segurança do usuário;</li> <li>✂✂ ITEM 8: Garantir que os elementos móveis, elementos cortantes, fixações, acoplamentos e o acabamento da máquina não ofereçam riscos ao usuário;</li> <li>✂✂ ITEM 10: Garantir a descrição de todas as operações insalubres e perigosas existentes nos equipamentos e os EPI's necessários para amenizar e/ou prevenir estes perigos;</li> <li>✂✂ ITEM 15: garantir que os ruídos não ultrapassarão 85 dB(A) para cada 8 horas de trabalho</li> </ul>
<b>Reservatório de mudas (Au 2)</b>	Abastecer reservatório	<ul style="list-style-type: none"> <li>✂✂ Manual</li> <li>✂✂ Automático</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✂✂ ITEM 4: Prever que os comandos e controles permitirão fácil e segura comunicação tátil com o usuário;</li> <li>✂✂ ITEM 6: Garantir que as dimensões para acesso, movimentação, conforto e restrições de acesso sejam observadas a fim de proporcionar segurança do usuário;</li> <li>✂✂ ITEM 8: Garantir que os elementos móveis, elementos cortantes, fixações, acoplamentos e o acabamento da máquina não ofereçam riscos ao usuário;</li> <li>✂✂ ITEM 10: Garantir a descrição de todas as operações insalubres e perigosas existentes nos equipamentos e os EPI's necessários para amenizar e/ou prevenir estes perigos;</li> <li>✂✂ ITEM 11: Garantir que o operador não tenha que desenvolver esforços que excedam a sua capacidade física mesmo que sejam realizados de forma repetitiva e constante;</li> <li>✂✂ ITEM 14: Garantir que o posicionamento e a forma de acionamento dos controles e comandos sejam tal que não colaborem para causar acidentes e nem lesões ao operador</li> <li>✂✂ ITEM 18: Garantir que o usuário sempre terá boa visibilidade para executar todas as tarefas previstas na operação e manutenção do equipamento.</li> </ul>

**TABELA 6.11 (Cont.)** – Relacionamento entre os princípios de solução encontrados e as restrições de segurança.

DENOMINAÇÃO DO MÓDULO FUNCIONAL	FUNÇÕES CONTIDAS NO MÓDULO	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO ENCONTRADOS OU ESTABELECIDOS PARA CADA FUNÇÃO CONTIDA NO MÓDULO	RESTRIÇÕES
<b>Reservatório de mudas (Au 2)</b> (Continuação)	Reservar muda	<ul style="list-style-type: none"> <li>☒ Bandeja</li> <li>☒ Grade</li> <li>☒ Caixa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☒ ITEM 6: Garantir que as dimensões para acesso, movimentação, conforto e restrições de acesso sejam observadas a fim de proporcionar segurança do usuário;</li> <li>☒ ITEM 8: Garantir que os elementos móveis, elementos cortantes, fixações, acoplamentos e o acabamento da máquina não ofereçam riscos ao usuário;</li> <li>☒ ITEM 10: Garantir a descrição de todas as operações insalubres e perigosas existentes nos equipamentos e os EPI's necessários para amenizar e/ou prevenir estes perigos;</li> <li>☒ ITEM 11: Garantir que o operador não tenha que desenvolver esforços que excedam a sua capacidade física mesmo que sejam realizados de forma repetitiva e constante;</li> <li>☒ ITEM 14: Garantir que o posicionamento e a forma de acionamento dos controles e comandos sejam tal que não colaborem para causar acidentes e nem lesões ao operador</li> <li>☒ ITEM 18: Garantir que o usuário sempre terá boa visibilidade para executar todas as tarefas previstas na operação e manutenção do equipamento.</li> </ul>
<b>Alimentar dosador de mudas (Au 3)</b>	Alimentar dosador de muda	<ul style="list-style-type: none"> <li>☒ Manual</li> <li>☒ Automática</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☒ ITEM 4: Prever que os comandos e controles permitirão fácil e segura comunicação tátil com o usuário;</li> <li>☒ ITEM 6: Garantir que as dimensões para acesso, movimentação, conforto e restrições de acesso sejam observadas a fim de proporcionar segurança do usuário;</li> <li>☒ ITEM 8: Garantir que os elementos móveis, elementos cortantes, fixações, acoplamentos e o acabamento da máquina não ofereçam riscos ao usuário;</li> <li>☒ ITEM 10: Garantir a descrição de todas as operações insalubres e perigosas existentes nos equipamentos e os EPI's necessários para amenizar e/ou prevenir estes perigos;</li> <li>☒ ITEM 11: Garantir que o operador não tenha que desenvolver esforços que excedam a sua capacidade física mesmo que sejam realizados de forma repetitiva e constante;</li> </ul>

**TABELA 6.11 (Cont.)** – Relacionamento entre os princípios de solução encontrados e as restrições de segurança.

DENOMINAÇÃO DO MÓDULO FUNCIONAL	FUNÇÕES CONTIDAS NO MÓDULO	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO ENCONTRADOS OU ESTABELECIDOS PARA CADA FUNÇÃO CONTIDA NO MÓDULO	RESTRICÇÕES
<p align="center"><b>Alimentar dosador de mudas (Au 3)</b> <b>(Continuação)</b></p>	<p align="center">Alimentar dosador de muda</p>	<p> <del>del</del> Manual  <del>del</del> Automática         </p>	<p> <del>del</del> ITEM 2: Prever sistema de proteção do operador para longas exposições ao sol e às intempéries  <del>del</del> ITEM 3: Prever sistemas de sinais sonoros que garantam a segurança do usuário e/ou envolvidos;  <del>del</del> ITEM 4: Prever que os comandos e controles permitirão fácil e segura comunicação táctil com o usuário;  <del>del</del> ITEM 5: Garantir, na máquina, sistemas visuais que proporcionem segurança do usuário e ambiente;  <del>del</del> ITEM 6: Garantir que as dimensões para acesso, movimentação, conforto e restrições de acesso sejam observadas a fim de proporcionar segurança do usuário;  <del>del</del> ITEM 7: ter velocidade, aceleração, torque e aspectos relacionados à inércia que não provoquem danos à saúde e ao ambiente;  <del>del</del> ITEM 8: Garantir que os elementos móveis, elementos cortantes, fixações, acoplamentos e o acabamento da máquina não ofereçam riscos ao usuário;  <del>del</del> ITEM 9: Garantir a inexistência de acesso e de não vazamento ao ambiente de energia térmica, elétrica, atômica, mecânica, etc., geradora ou gerada que possa causar danos ou ferimentos ao operador e ambiente;  <del>del</del> ITEM 10: Garantir a descrição de todas as operações insalubres e perigosas existentes nos equipamentos e os EPI's necessários para amenizar e/ou prevenir estes perigos;  <del>del</del> ITEM 11: Garantir que o operador não tenha que desenvolver esforços que excedam a sua capacidade física mesmo que sejam realizados de forma repetitiva e constante;  <del>del</del> ITEM 12: Garantir que a máquina possua proteções para eventuais emborcamentos, tombamentos, capotamentos, abalroamentos e colisões;  <del>del</del> ITEM 13: Garantir acesso ao manual e às informações nele contidas a fim de garantir a segurança do usuário;  <del>del</del> ITEM 14: Garantir que o posicionamento e a forma de acionamento dos controles e comandos sejam tal que não colaborem para causar acidentes e nem lesões ao operador         </p>

**TABELA 6.11 (Cont.)** – Relacionamento entre os princípios de solução encontrados e as restrições de segurança.

DENOMINAÇÃO DO MÓDULO FUNCIONAL	FUNÇÕES CONTIDAS NO MÓDULO	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO ENCONTRADOS OU ESTABELECIDOS PARA CADA FUNÇÃO CONTIDA NO MÓDULO	RESTRIÇÕES
<b>Alimentar dosador de mudas (Au 3)</b> (Continuação)	Alimentar dosador de muda (Continuação)	<ul style="list-style-type: none"> <li>☒ Manual</li> <li>☒ Automática</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☒ ITEM 15: garantir que os ruídos não ultrapassarão 85 dB(A) para cada 8 horas de trabalho;</li> <li>☒ ITEM 16: Garantir que o equipamento de trabalho será projetado de tal forma que qualquer material ou radiação perigosa presentes durante a operação seja identificada e tratada com os dispositivos adequados, evitando expor a riscos;</li> <li>☒ ITEM 17: Isolar o operador de vibrações de baixa frequência;</li> <li>☒ ITEM 18: Garantir que o usuário sempre terá boa visibilidade para executar todas as tarefas previstas na operação e manutenção do equipamento.</li> </ul>
<b>Fixar muda (Au 4)</b>	Colocar solo sobre a muda	<ul style="list-style-type: none"> <li>☒ Roda Metálica</li> <li>☒ Roda de Borracha</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☒ ITEM 4: Prever que os comandos e controles permitirão fácil e segura comunicação tátil com o usuário;</li> <li>☒ ITEM 6: Garantir que as dimensões para acesso, movimentação, conforto e restrições de acesso sejam observadas a fim de proporcionar segurança do usuário;</li> <li>☒ ITEM 8: Garantir que os elementos móveis, elementos cortantes, fixações, acoplamentos e o acabamento da máquina não ofereçam riscos ao usuário;</li> <li>☒ ITEM 10: Garantir a descrição de todas as operações insalubres e perigosas existentes nos equipamentos e os EPI's necessários para amenizar e/ou prevenir estes perigos;</li> <li>☒ ITEM 11: Garantir que o operador não tenha que desenvolver esforços que excedam a sua capacidade física mesmo que sejam realizados de forma repetitiva e constante;</li> <li>☒ ITEM 14: Garantir que o posicionamento e a forma de acionamento dos controles e comandos sejam tal que não colaborem para causar acidentes e nem lesões ao operador</li> <li>☒ ITEM 18: Garantir que o usuário sempre terá boa visibilidade para executar todas as tarefas previstas na operação e manutenção do equipamento.</li> </ul>
	Limitar profundidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>☒ Rodas metálicas</li> <li>☒ Rodas pneumáticas</li> </ul>	
	Regular subconjunto	<ul style="list-style-type: none"> <li>☒ Pinhão cremalheira</li> <li>☒ Fixação por atrito</li> </ul>	
	Pressionar solo	<ul style="list-style-type: none"> <li>☒ Roda Metálica</li> <li>☒ Roda de Borracha</li> </ul>	

**TABELA 6.11 (Cont.)** – Relacionamento entre os princípios de solução encontrados e as restrições de segurança.

DENOMINAÇÃO DO MÓDULO FUNCIONAL	FUNÇÕES CONTIDAS NO MÓDULO	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO ENCONTRADOS OU ESTABELECIDOS PARA CADA FUNÇÃO CONTIDA NO MÓDULO	RESTRIÇÕES
Captar potência (Au 5)	Regular subconjunto	<ul style="list-style-type: none"> <li>⌘ Roda dentada</li> <li>⌘ Correia dentada</li> <li>⌘ Corrente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⌘ ITEM 4: Prever que os comandos e controles permitirão fácil e segura comunicação tátil com o usuário;</li> <li>⌘ ITEM 5: garantir, na máquina, sistemas visuais que proporcionem segurança do usuário e ambiente;</li> <li>⌘ ITEM 6: Garantir que as dimensões para acesso, movimentação, conforto e restrições de acesso sejam observadas a fim de proporcionar segurança do usuário;</li> <li>⌘ ITEM 7: Ter velocidade, aceleração, torque e aspectos relacionados à inércia que não provoquem danos à saúde e ao ambiente;</li> <li>⌘ ITEM 8: Garantir que os elementos móveis, elementos cortantes, fixações, acoplamentos e o acabamento da máquina não ofereçam riscos ao usuário;</li> </ul>
	Transmitir potência	<ul style="list-style-type: none"> <li>⌘ Corrente</li> <li>⌘ Correia dentada</li> <li>⌘ Cabo flexível</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⌘ ITEM 9: Garantir a inexistência de acesso e de não vazamento ao ambiente de energia térmica, elétrica, atômica, mecânica, etc., geradora ou gerada que possa causar danos ou ferimentos ao operador e ambiente;</li> <li>⌘ ITEM 10: Garantir a descrição de todas as operações insalubres e perigosas existentes nos equipamentos e os EPI's necessários para amenizar e/ou prevenir estes perigos;</li> </ul>
	Captar potência	<ul style="list-style-type: none"> <li>⌘ Roda captadora de potência</li> <li>⌘ Roda de fechar sulco</li> <li>⌘ Mecanismo de locomoção</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⌘ ITEM 11: Garantir que o operador não tenha que desenvolver esforços que excedam a sua capacidade física mesmo que sejam realizados de forma repetitiva e constante;</li> <li>⌘ ITEM 14: Garantir que o posicionamento e a forma de acionamento dos controles e comandos sejam tal que não colaborem para causar acidentes e nem lesões ao operador</li> <li>⌘ ITEM 15: garantir que os ruídos não ultrapassarão 85 dB(A) para cada 8 horas de trabalho;</li> <li>⌘ ITEM 18: Garantir que o usuário sempre terá boa visibilidade para executar todas as tarefas previstas na operação e manutenção do equipamento.</li> </ul>

**TABELA 6.11 (Cont.)** – Relacionamento entre os princípios de solução encontrados e as restrições de segurança.

DENOMINAÇÃO DO MÓDULO FUNCIONAL	FUNÇÕES CONTIDAS NO MÓDULO	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO ENCONTRADOS OU ESTABELECIDOS PARA CADA FUNÇÃO CONTIDA NO MÓDULO	RESTRICÇÕES
<b>Dar partida (Au 6)</b>	Acionar deslocamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Manual</li> <li>☞ Mecânico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ ITEM 4: Prever que os comandos e controles permitirão fácil e segura comunicação tátil com o usuário;</li> <li>☞ ITEM 5: garantir, na máquina, sistemas visuais que proporcionem segurança do usuário e ambiente;</li> <li>☞ ITEM 6: Garantir que as dimensões para acesso, movimentação, conforto e restrições de acesso sejam observadas a fim de proporcionar segurança do usuário;</li> <li>☞ ITEM 7: Ter velocidade, aceleração, torque e aspectos relacionados à inércia que não provoquem danos à saúde e ao ambiente;</li> <li>☞ ITEM 8: Garantir que os elementos móveis, elementos cortantes, fixações, acoplamentos e o acabamento da máquina não ofereçam riscos ao usuário;</li> <li>☞ ITEM 9: Garantir a inexistência de acesso e de não vazamento ao ambiente de energia térmica, elétrica, atômica, mecânica, etc., geradora ou gerada que possa causar danos ou ferimentos ao operador e ambiente;</li> <li>☞ ITEM 10: Garantir a descrição de todas as operações insalubres e perigosas existentes nos equipamentos e os EPI's necessários para amenizar e/ou prevenir estes perigos;</li> <li>☞ ITEM 11: Garantir que o operador não tenha que desenvolver esforços que excedam a sua capacidade física mesmo que sejam realizados de forma repetitiva e constante;</li> <li>☞ ITEM 14: Garantir que o posicionamento e a forma de acionamento dos controles e comandos sejam tal que não colaborem para causar acidentes e nem lesões ao operador</li> <li>☞ ITEM 18: Garantir que o usuário sempre terá boa visibilidade para executar todas as tarefas previstas na operação e manutenção do equipamento.</li> </ul>
	Dar mobilidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Rodas pneumáticas</li> <li>☞ Rodas de metal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ ITEM 7: Ter velocidade, aceleração, torque e aspectos relacionados à inércia que não provoquem danos à saúde e ao ambiente;</li> <li>☞ ITEM 8: Garantir que os elementos móveis, elementos cortantes, fixações, acoplamentos e o acabamento da máquina não ofereçam riscos ao usuário;</li> </ul>

**TABELA 6.11 (Cont.)** – Relacionamento entre os princípios de solução encontrados e as restrições de segurança.

DENOMINAÇÃO DO MÓDULO FUNCIONAL	FUNÇÕES CONTIDAS NO MÓDULO	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO ENCONTRADOS OU ESTABELECIDOS PARA CADA FUNÇÃO CONTIDA NO MÓDULO	RESTRICÇÕES
Imprimir direção (Au 7)	Imprimir direção	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Manual</li> <li>☞ Teleguiada (GPS)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ ITEM 2: Prever sistema de proteção do operador para longas exposições ao sol e às intempéries</li> <li>☞ ITEM 3: Prever sistemas de sinais sonoros que garantam a segurança do usuário e/ou envolvidos;</li> <li>☞ ITEM 4: Prever que os comandos e controles permitirão fácil e segura comunicação táctil com o usuário;</li> <li>☞ ITEM 5: Garantir, na máquina, sistemas visuais que proporcionem segurança do usuário e ambiente;</li> <li>☞ ITEM 6: Garantir que as dimensões para acesso, movimentação, conforto e restrições de acesso sejam observadas a fim de proporcionar segurança do usuário;</li> <li>☞ ITEM 7: ter velocidade, aceleração, torque e aspectos relacionados à inércia que não provoquem danos à saúde e ao ambiente;</li> <li>☞ ITEM 8: Garantir que os elementos móveis, elementos cortantes, fixações, acoplamentos e o acabamento da máquina não ofereçam riscos ao usuário;</li> <li>☞ ITEM 9: Garantir a inexistência de acesso e de não vazamento ao ambiente de energia térmica, elétrica, atômica, mecânica, etc., geradora ou gerada que possa causar danos ou ferimentos ao operador e ambiente;</li> <li>☞ ITEM 10: Garantir a descrição de todas as operações insalubres e perigosas existentes nos equipamentos e os EPI's necessários para amenizar e/ou prevenir estes perigos;</li> <li>☞ ITEM 11: Garantir que o operador não tenha que desenvolver esforços que excedam a sua capacidade física mesmo que sejam realizados de forma repetitiva e constante;</li> <li>☞ ITEM 12: Garantir que a máquina possua proteções para eventuais emborcamentos, tombamentos, capotamentos, abalroamentos e colisões;</li> <li>☞ ITEM 13: Garantir acesso ao manual e às informações nele contidas a fim de garantir a segurança do usuário;</li> <li>☞ ITEM 14: Garantir que o posicionamento e a forma de acionamento dos controles e comandos sejam tal que não colaborem para causar acidentes e nem lesões ao operador</li> </ul>

**TABELA 6.11 (Cont.)** – Relacionamento entre os princípios de solução encontrados e as restrições de segurança.

DENOMINAÇÃO DO MÓDULO FUNCIONAL	FUNÇÕES CONTIDAS NO MÓDULO	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO ENCONTRADOS OU ESTABELECIDOS PARA CADA FUNÇÃO CONTIDA NO MÓDULO	RESTRICÇÕES
<b>Imprimir direção (Au 7)</b> (Continuação)	Imprimir direção (Continuação)	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞☞ Manual</li> <li>☞☞ Teleguiada (GPS)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞☞ ITEM 15: garantir que os ruídos não ultrapassarão 85 dB(A) para cada 8 horas de trabalho;</li> <li>☞☞ ITEM 16: Garantir que o equipamento de trabalho será projetado de tal forma que qualquer material ou radiação perigosa presentes durante a operação seja identificada e tratada com os dispositivos adequados, evitando expor a riscos;</li> <li>☞☞ ITEM 17: Isolar o operador de vibrações de baixa frequência;</li> <li>☞☞ ITEM 18: Garantir que o usuário sempre terá boa visibilidade para executar todas as tarefas previstas na operação e manutenção do equipamento.</li> </ul>
<b>Dar forma (Au 8)</b>	Unir partes (unir os módulos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞☞ Chassi</li> <li>☞☞ Acoplamentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞☞ ITEM 6: Garantir que as dimensões para acesso, movimentação, conforto e restrições de acesso sejam observadas a fim de proporcionar segurança do usuário;</li> <li>☞☞ ITEM 8: Garantir que os elementos móveis, elementos cortantes, fixações, acoplamentos e o acabamento da máquina não ofereçam riscos ao usuário;</li> <li>☞☞ ITEM 12: Garantir que a máquina possua proteções para eventuais emborcamentos, tombamentos, capotamentos, abalroamentos e colisões;</li> <li>☞☞ ITEM 17: Isolar o operador de vibrações de baixa frequência;</li> </ul>
<b>Acoplar tração (Au 9)</b>	Unir a máquina ao trator	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞☞ Acoplamento com pino</li> <li>☞☞ Acoplamento com engate rápido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞☞ ITEM 8: Garantir que os elementos móveis, elementos cortantes, fixações, acoplamentos e o acabamento da máquina não ofereçam riscos ao usuário;</li> </ul>

Neste passo, Carrafa (2002) estabeleceu os módulos construtivos com base nos princípios de solução funcionais apresentados, que satisfaziam os módulos funcionais da estrutura funcional selecionada visando atender o problema de projeto.

A *metodologia para a concepção de máquinas agrícolas seguras* se insere nesta tarefa, apresentando à equipe de projeto, para cada *princípio de solução*, para os módulos construtivos os *princípios de solução para a segurança* que atendem às *restrições* (Tabela 6.9).

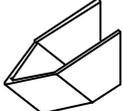
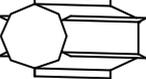
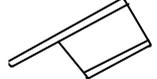
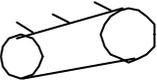
#### **6.4.4 – Estabelecer as concepções de projeto que melhor atendem ao problema de projeto (Figura 5.11 – Atividade 2.4).**

Nesta atividade, as Tarefas 2.4.1, 2.4.2 e 2.4.3 foram desenvolvidas simultaneamente.

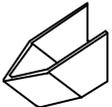
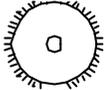
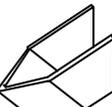
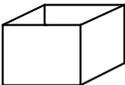
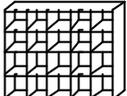
Como já explanado no Capítulo 5, a *ferramenta para auxiliar na escolha das melhores alternativas de concepção para o problema de projeto e seus respectivos princípios de solução para a segurança* (F 25), que é uma adaptação da matriz morfológica com os princípios de solução, onde, para cada um busca-se na F 22 os *princípios de solução para a segurança* (PSS) que deverão ser observados caso o mesmo seja selecionado pela equipe de projeto.

A Tabela 6.12 apresenta a matriz morfológica do relacionamento entre os *princípios de solução* e o(s) *princípio(s) de solução para a segurança (PSS)* para atender às *restrições* (F 25).

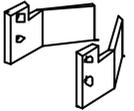
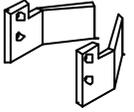
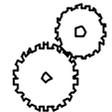
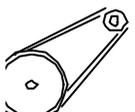
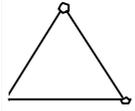
**TABELA 6.12** – Matriz morfológica de relacionamento entre os princípios de solução e as soluções técnicas (F 25).

MF	Subfunção do MF	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO							
		PRINCÍPIO DE SOLUÇÃO FUNCIONAL 1	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO PARA A SEGURANÇA	PRINCÍPIO DE SOLUÇÃO FUNCIONAL 2	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO PARA A SEGURANÇA	PRINCÍPIO DE SOLUÇÃO FUNCIONAL 3	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO PARA A SEGURANÇA	PRINCÍPIO DE SOLUÇÃO FUNCIONAL 4	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO PARA A SEGURANÇA
<b>E 1 CORTAR PALHA</b>	Cortar palha	 Quilha	5C – 6E – 8A	 Rolo faca	5C – 6E – 8A	 Cutelo	5C – 6E – 8A	 Disco de corte	5C – 6E – 8A – 8B – 10C
<b>B 1 DISTRIBUIR MUDAS NO SULCO</b>	Dosar mudas	Desenvolver conceito novo com performance e 50% do custo do melhor do mercado	- Dependendo do novo conceito, consultar a Tabela 6.7 e identificar se existe alguma restrição que seja pertinente ao mesmo	 Disco excêntrico	5C – 8A – 8B	 Esteira	5C – 8A – 8B – 8C – 8D	 Mecanismo	5C – 8A
	Conduzir (depositar) mudas	Apenas queda livre	5C – 8A – 8B	 Calha	5C – 8A – 8B	 Esteira	5C – 8A – 8B	 Tubo condutor	5C – 8A – 8B – 10A – 10B
	Posicionar mudas	 Manual	5C – 6E – 6F – 6G – 7A – 7B – 8 <sup>A</sup> – 8C – 11B – 14A – 14B	 Cata-palito	8A				

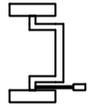
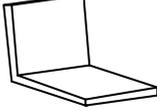
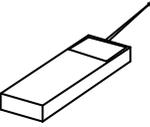
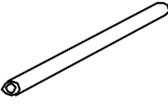
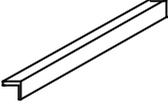
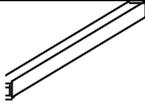
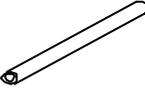
**TABELA 6.12 (Cont.)** – Matriz morfológica de relacionamento entre os princípios de solução e as soluções técnicas (F 25).

MF	Subfunção do MF	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO							
		PRINCÍPIO DE SOLUÇÃO FUNCIONAL 1	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO PARA A SEGURANÇA	PRINCÍPIO DE SOLUÇÃO FUNCIONAL 2	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO PARA A SEGURANÇA	PRINCÍPIO DE SOLUÇÃO FUNCIONAL 3	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO PARA A SEGURANÇA	PRINCÍPIO DE SOLUÇÃO FUNCIONAL 4	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO PARA A SEGURANÇA
Au 1 Abrir sulco	Abrir sulco	 Quilha	5C – 8A	 Serra	5C – 8A – 8B	 Cinzel	5C – 8A	 Disco duplo	5C – 8A – 8B
	Conter solo	 Quilha	5C – 8A	 Disco duplo	5C – 8A – 8B				
Au 2 Reservar mudas	Armazenar mudas	 Prisma	4A – 5C – 6G – 8A – 11C	 Cilindro	4A – 5C – 6G – 8A – 11C	 Cone	4A – 5C – 6G – 8A – 11C	 Grade	4A – 5C – 6G – 8A – 11C
Au 3 Alimentar dosador	Alimentar dosador	 Manual	2B – 2C – 5B – 6C – 6E – 6F – 6G – 7A – 7B – 8A – 8C – 11B – 12A – 12B – 12C – 12D – 13E – 14A – 14B – 15B – 16D – 17A – 17B – 18A						

**TABELA 6.12 (Cont.)** – Matriz morfológica de relacionamento entre os princípios de solução e as soluções técnicas (F 25).

MF	Subfunção do MF	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO							
		PRINCÍPIO DE SOLUÇÃO FUNCIONAL 1	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO PARA A SEGURANÇA	PRINCÍPIO DE SOLUÇÃO FUNCIONAL 2	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO PARA A SEGURANÇA	PRINCÍPIO DE SOLUÇÃO FUNCIONAL 3	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO PARA A SEGURANÇA	PRINCÍPIO DE SOLUÇÃO FUNCIONAL 4	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO PARA A SEGURANÇA
<b>Au 4</b> <b>Fechar o sulco</b>	Colocar solo no sulco (cobrir muda)	 Pás	5C – 8A – 8B	 Roda compactadora	5C – 8A – 8B	 Disco duplo	5C – 8A – 8B	 Rodas inclinadas	5C – 8A – 8B
	Pressionar solo (sobre a muda)	 Pás	5C – 8A – 8B	 Roda compactadora	5C – 8A – 8B	 Disco duplo	5C – 8A – 8B	 Rodas inclinadas	5C – 8A – 8B
<b>Au 5</b> <b>Acionamento</b>	Captar energia (movimento)	 Roda dentada	5C – 8A – 8B	 Engrenagens	5C – 8A – 8B	 Polias	5C – 8A – 8B		
<b>Au 6</b> <b>Locomoção</b>	Acionar deslocamento	 Hidráulico	5C – 8A – 8B	 Manual	5C – 8A				

**TABELA 6.12 (Cont.)** – Matriz morfológica de relacionamento entre os princípios de solução e as soluções técnicas (F 25).

MF	Subfunção do MF	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO							
		PRINCÍPIO DE SOLUÇÃO FUNCIONAL 1	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO PARA A SEGURANÇA	PRINCÍPIO DE SOLUÇÃO FUNCIONAL 2	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO PARA A SEGURANÇA	PRINCÍPIO DE SOLUÇÃO FUNCIONAL 3	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO PARA A SEGURANÇA	PRINCÍPIO DE SOLUÇÃO FUNCIONAL 4	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO PARA A SEGURANÇA
<b>Au 6</b> <b>Locomoção</b> <b>(Continuação)</b>	Promover deslocamento (viradas de cabeceiras e via de acesso à lavoura)	 Mecânico virado para trás	5C – 8A	 Mecânico virado para frente	5C – 8A				
<b>Au 7</b> <b>Direção</b>	Imprimir direção	 Manual	2B – 2C – 5B – 5C – 6C – 11B – 11C – 12A – 12B – 12C – 12D – 13E – 15B – 16D – 17A – 17B – 18A	 Teleguiado	9A – 10B				
<b>Au 8</b> <b>Dar forma</b>	Unir partes	 Tubular	5C – 8A	 Chapa	5C – 8A	 Perfil	5C – 8A	 Tubo quadrado	5C – 8A
<b>Au 9</b> <b>Acoplar tração</b>	Unir a máquina ao microtrator	 Pino	5C – 8A	Engate rápido	5C – 8A				

Após ter representado os princípios de solução foram selecionados os que melhor atendiam o problema de projeto para compor cada módulo construtivo associado a cada um dos módulos funcionais estabelecidos para a estrutura funcional.

Na Tabela 6.13 são apresentadas as alternativas consideradas como as mais viáveis para o problema de projeto.

**TABELA 6.13** – Matriz de alternativa construtiva para a transplantadora de mudas.

MF	Subfunção do MF	Alternativas Construtivas			
		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
<b>E1</b>	Cortar palha	Quilha	Quilha	Quilha	Quilha
<b>B1</b>	Dosar mu das	Conceito novo	Disco excêntrico	Conceito novo	Conceito novo
	Conduzir (depositar) mudas	Tubo condutor	Tubo condutor	Tubo condutor	Tubo condutor
	Posicionar mudas	Manual	Cata-palito	Cata-palito	Manual
<b>Au 1</b>	Abrir sulco	Quilha	Disco duplo	Disco duplo	Disco duplo
	Conter solo	Quilha	Quilha	Disco duplo	Quilha
<b>Au 2</b>	Armazenar mudas	Grade	Grade	Grade	Grade
<b>Au 3</b>	Alimentar dosador	Manual	Manual	Manual	Manual
<b>Au 4</b>	Colocar solo no sulco (cobrir muda)	Roda compactadora	Pás	Disco duplo	Rodas inclinadas
	Pressionar solo (sobre a muda)	Roda compactadora	Roda compactadora	Roda compactadora	Rodas inclinadas
<b>Au 5</b>	Captar energia (movimento)	Roda dentada	Roda dentada	Polias	Roda dentada
	Acionar deslocamento	Manual	Manual	Manual	Manual
<b>Au 6</b>	Promover deslocamento	Mecânico virado para trás	Mecânico virado para trás	Mecânico virado para frente	Mecânico virado para trás
<b>Au 7</b>	Imprimir direção	Manual	Manual	Manual	Manual
<b>Au 8</b>	Unir partes	Chapa	Tubo quadrado	Perfil	Tubular
<b>Au 9</b>	Unir a máquina ao micro trator	Pino	Pino	Engate rápido	Pino

Fonte: Carrafa, 2002.

Posteriormente, foram estimados os custos para cada um dos módulos que compunham as quatro alternativas construtivas identificadas para a transplantadora de mudas. A estimativa mais barata, segundo Carrafa (2002) foi a de número 1, sendo seguida pela 4, 3 e 2 respectivamente.

Na Tabela 6.14 é apresentado o custo estimado para cada módulo e, conseqüentemente, o custo para cada alternativa construtiva da transplantadora.

A Tabela 6.15 apresenta a análise de cada uma das alternativas, realizada por Carrafa (2002), utilizando-se da matriz de seleção da alternativa construtiva.

**TABELA 6.14** – Matriz para estimativa do custo dos módulos construtivos para a transplan-tadora de mudas.

MF	Subfunção do MF	Alternativas Construtivas							
		Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		Alternativa 4	
		PS	R\$	PS	R\$	PS	R\$	PS	R\$
<b>E1</b>	Cortar palha	1	50,00	1	50,00	1	50,00	1	50,00
<b>B1</b>	Dosar mudas	1	100,00	2	250,00	1	100,00	1	100,00
	Conduzir (depositar) mudas	4	20,00	4	20,00	4	20,00	4	20,00
	Posicionar mudas	1	20,00	2	35,00	2	35,00	1	20,00
<b>Au 1</b>	Abrir sulco	1	40,00	4	60,00	4	60,00	4	60,00
	Conter solo	1	-	1	40,00	2	-	1	40,00
<b>Au 2</b>	Armazenar mudas	4	30,00	4	30,00	4	30,00	4	30,00
<b>Au 3</b>	Alimentar dosador	1	20,00	1	20,00	1	20,00	1	20,00
<b>Au 4</b>	Colocar solo no sulco	2	80,00	1	20,00	3	60,00	4	75,00
	Pressionar solo (sobre a muda)	2	-	2	80,00	2	80,00	4	-
<b>Au 5</b>	Captar energia (movimento)	1	60,00	1	60,00	3	60,00	1	60,00
<b>Au 6</b>	Acionar deslocamento	2	10,00	2	10,00	2	10,00	2	10,00
	Promover deslocamento	1	100,00	1	100,00	2	100,00	1	100,00
<b>Au 7</b>	Imprimir direção	1	20,00	1	20,00	1	20,00	1	20,00
<b>Au 8</b>	Unir partes	2	30,00	4	50,00	3	35,00	1	65,00
<b>Au 9</b>	Unir a máquina ao micro trator	1	15,00	1	15,00	2	20,00	1	15,00
	<b>Custo total estimado da alter-nativa construtiva</b>	<b>R\$ 595,00</b>		<b>R\$ 860,00</b>		<b>R\$ 700,00</b>		<b>R\$ 685,00</b>	

Fonte: Carrafa, 2002.

**TABELA 6.15** – Matriz de seleção da alternativa construtiva mais promissora

Necessidades determi-nantes à escolha da me-lhor concepção	Peso da necessidade no projeto	Alternativas Construtivas			
		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Ser fácil de operar o con-junto	6	☞	☞	☞	☞
Dosar muda adequada-mente	9	☞	☞	☞	☞
Posicionar muda verti-calmente	6	☞	☞	☞	☞
Ter baixo consumo de potência	7	☞	☞	☞	☞
Permitir tempo adequado para alimentar o dosador	9	☞	☞	☞	☞
Permitir operação segura	9	☞	☞	☞	☞
Apresentar baixo preço de compra	10	☞	☞	☞	☞
Apresentar materiais de baixo custo	10	☞	☞	☞	☞
Utilizar componentes padronizados	5	☞	☞	☞	☞
	<b>Somatório da colu-na</b>	<b>271</b>	<b>211</b>	<b>211</b>	<b>231</b>
	<b>Classificação obti-da</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>

Fonte: Carrafa, 2002.

Onde:

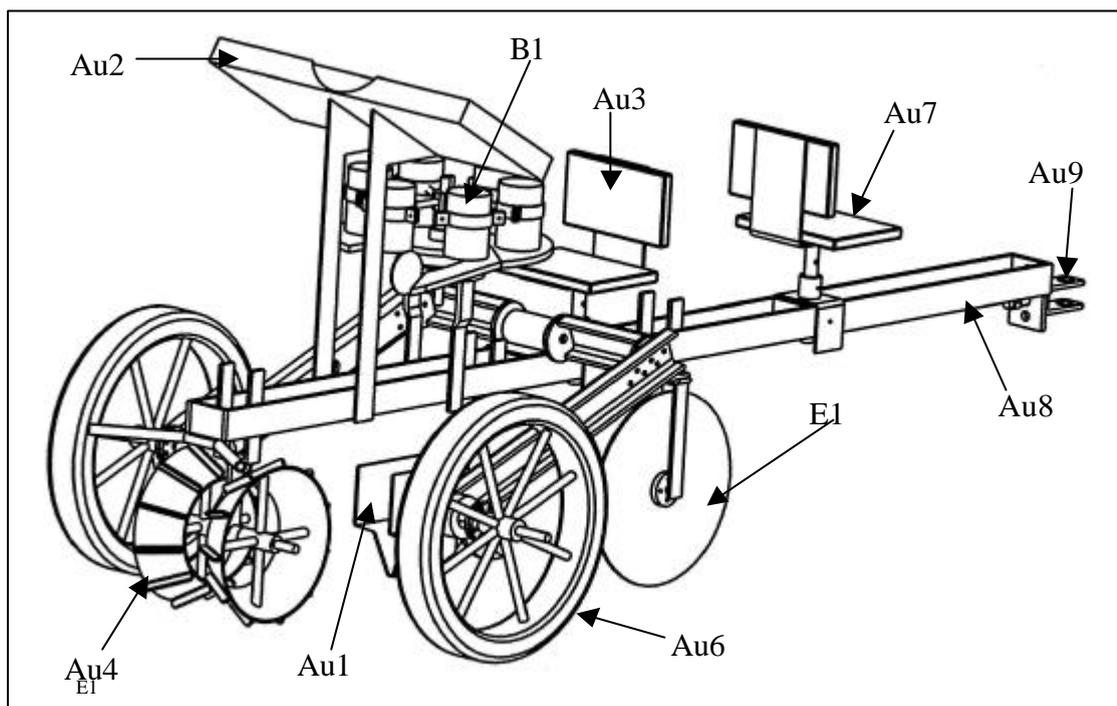
☞ ? desempenho excelente ? 5

☞ ? desempenho satisfatório ? 3

☞ ? desempenho fraco ? 1

? ? (Branco) Não atende (valor 0).

Com o auxílio da matriz de seleção de alternativas dos princípios de solução para os módulos construtivos, Carrafa (2002), obteve o indicativo de que a alternativa *construtiva 1* era a mais viável, não apenas pela pontuação mas também pela sua simplicidade e baixo custo, além de, segundo o autor, não haver nenhuma desvantagem técnica em termos funcionais quando comparada com as outras alternativas. Assim sendo, é apresentada na Figura 6.6 uma representação da concepção escolhida por Carrafa (2002), a qual já se encontra elaborada, integrando os princípios de solução combinados para a concepção.



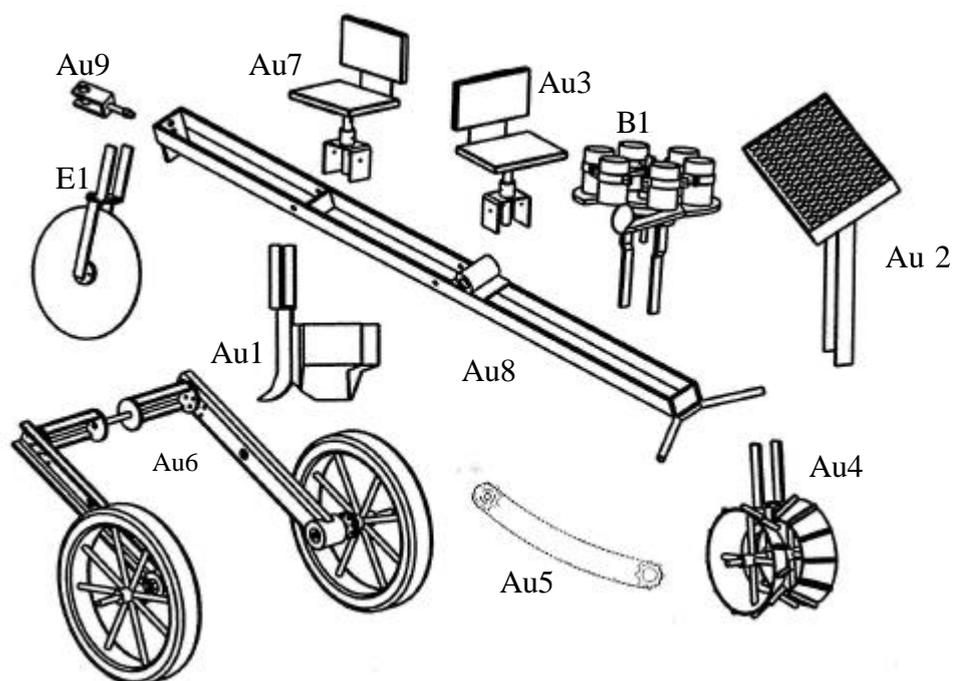
**FIGURA 6.6** – Representação da concepção escolhida para a transplantadora de mudas.  
Fonte: Carrafa, 2002.

#### **6.4.5 – Aplicação dos princípios de solução para a segurança, gerados pelas restrições, nos princípios de solução da transplantadora de mudas.**

Carrafa (2002), após todos os procedimentos descritos anteriormente, selecionou os módulos que compõem a transplantadora de mudas e que são apresentados na Figura 6.7.

É a partir desse momento que a metodologia para a concepção de máquinas agrícolas seguras se insere efetivamente. Pois, mesmo que ela tenha acompanhado par e passo o processo de projeto para o desempenho do produto, em vários momentos alertando o projetista para as restrições existentes para cada princípio de solução que pudesse ser escolhido, é aqui, após cada um deles ter sido selecionado, que os princípios de solução para a segurança gerados pelas restrições legislativas de segurança (Tabela 6.9) realmente serão incorporados aos

princípios de solução e, em consequência, ao projeto da transplantadora de mudas como um todo.

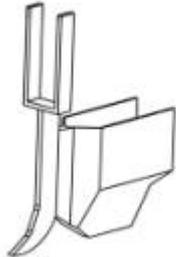
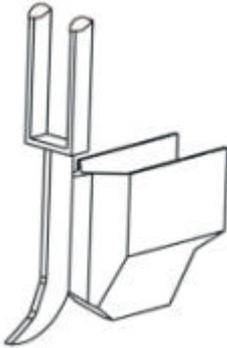
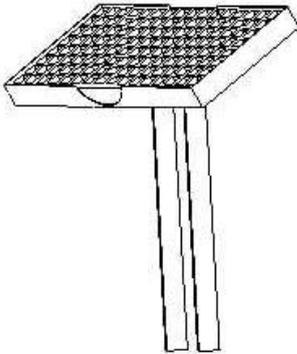
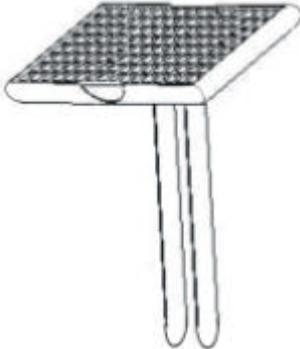


**FIGURA 6.7** – Módulos que compõe a transplantadora de mudas

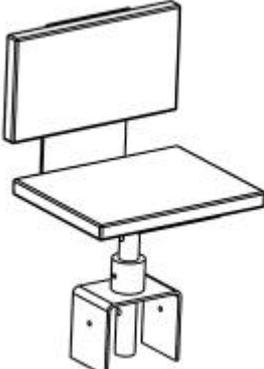
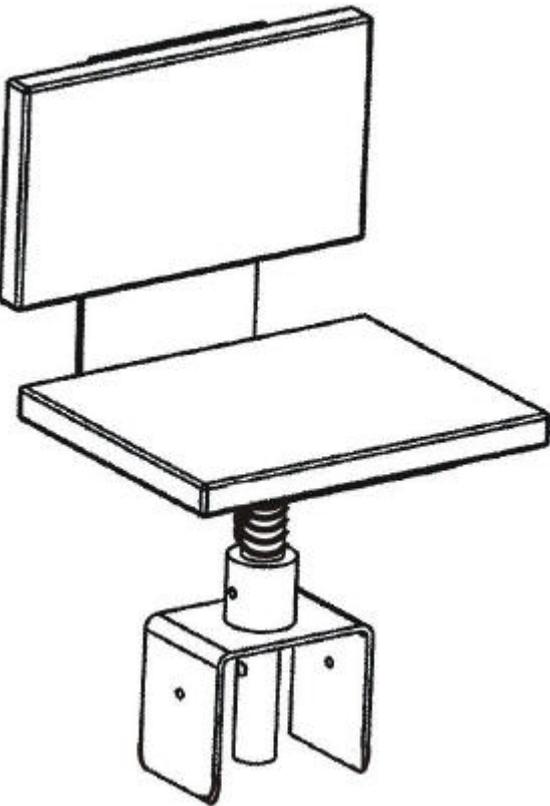
Fonte: Carrafa, 2002.

A Tabela 6.16 apresenta a concepção dos módulos construtivos e como eles deveriam ser, caso tivessem incorporado em sua geração os aspectos relativos à segurança do operador, a concepção escolhida para a transplantadora de mudas e como ela deveria ser caso incorporasse os conceitos gerados por este trabalho.

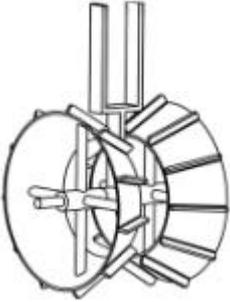
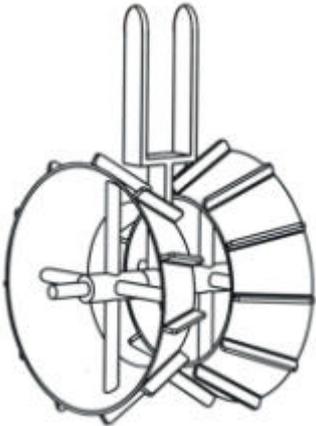
**TABELA 6.16** – Comparação dos princípios de solução gerados com e sem a utilização da metodologia para a concepção de máquinas agrícolas seguras.

<b>MÓDULO Au 1 : Abrir sulco</b>	
<b>Concepção gerada por Carrafa (2002)</b>	<b>Comentários</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Algumas arestas deste módulo poderão ferir o usuário;</li> <li>- Não foi prevista pintura padrão para segurança;</li> </ul>
<b>Concepção que incorpora aspectos de segurança e conforto</b>	<b>Comentários</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peças que possuíam arestas possíveis de serem eliminadas, foram projetadas arredondadas de forma a minimizar as Possibilidades de ferimentos aos usuários (PSS: 8 A);</li> <li>- Deverá ser prevista pintura padrão para a segurança (PSS: 5 C);</li> <li>- Os parafusos de fixação deverão ser projetados embutidos (PSS: 8 A);</li> </ul>
<b>MÓDULO Au 2 : Reservatório de mudas</b>	
<b>Concepção gerada por Carrafa (2002)</b>	<b>Comentários</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Algumas arestas deste módulo poderão ferir o usuário;</li> <li>- Não foi prevista pintura padrão para segurança;</li> </ul>
<b>Concepção que incorpora aspectos de segurança e conforto</b>	<b>Comentários</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A Troca dos caixilhos deverá ser realizada com o auxílio de ajudantes (PSS: 11 D).</li> <li>- Peças que possuíam arestas possíveis de serem eliminadas, foram projetadas arredondadas de forma a minimizar as possibilidades de ferimentos aos usuários (PSS: 8 A);</li> <li>- Deverá ser prevista pintura padrão para a segurança (PSS: 5 C);</li> <li>- Os parafusos de fixação deverão ser projetados embutidos (PSS: 8 A);</li> <li>- Material que não proporciona lesões e é facilmente identificado pelo tato (PSS: 4 A)</li> <li>- Aberturas padrão para não prender artelhos do operador (PSS: 6 G)</li> </ul>

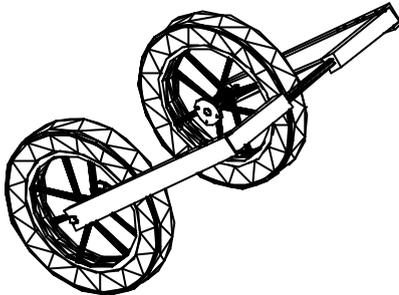
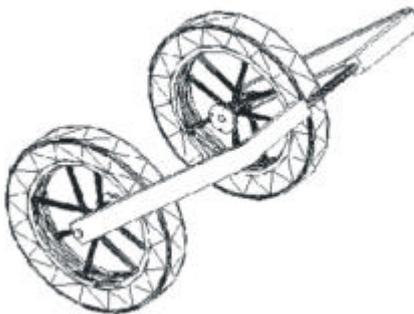
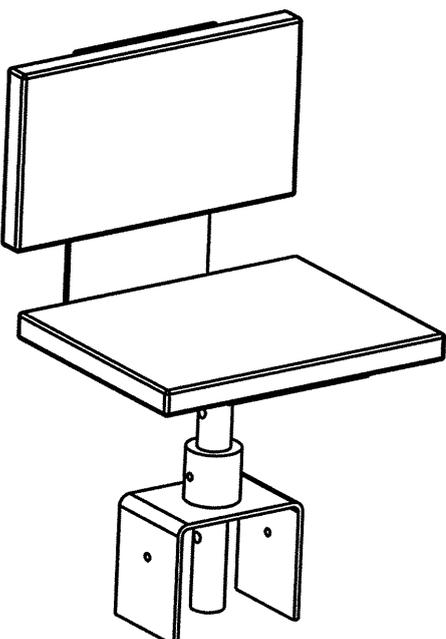
**TABELA 6.16 (Cont.)** – Comparação dos princípios de solução gerados com e sem a utilização da metodologia para a concepção de máquinas agrícolas seguras.

<b>MÓDULO Au 3 : Alimentar dosador de mudas</b>	
<b>Concepção gerada por Carrafa (2002)</b>	<b>Comentários</b>
	<p>- Esta espécie de assento não absorve vibrações;</p>
<b>Concepção que incorpora aspectos de segurança e conforto</b>	<b>Comentários</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O operador deverá ser isolado dos efeitos das intempéris (PSS: 2 C);</li> <li>- Os símbolos deverão ser normalizados (PSS: 5 B);</li> <li>- O assento deverá possuir regulagens para que pessoas de diferentes estaturas possam utilizá-lo com segurança e conforto (PSS: 6C);</li> <li>- O operador deverá utilizar EPI auricular (PSS: 6 E, 10 E e 15 B);</li> <li>- A velocidade de trabalho não deverá oferecer riscos ao operador e ambiente (PSS: 7 B);</li> <li>- Os sistemas de fixação não apresentam saliências e nem arestas cortantes (PSS: 8 A);</li> <li>- O sistema deverá possuir uma embreagem que seja acionada pelos pés para prevenir acidentes caso os membros superiores fiquem presos entre os alojadores de mudas (PSS: 8 C);</li> <li>- Os comandos e controles não causam fadiga muscular e nem confusão mental (PSS: 11 B);</li> <li>- Deverá existir cinto de segurança (PSS: 12 A);</li> <li>- Deverá existir estrutura anticapotamento (PSS: 12 C);</li> <li>- Deverá existir estrutura antitombamento (PSS: 12 D);</li> <li>- Deverá existir na máquina um local para armazenamento do manual (PSS: 13 E);</li> <li>- Controles e comandos com posicionamento e dimensões que proporcionam fácil alcance e ângulos adequados entre as diversas partes do corpo do operador (PSS: 14 A);</li> <li>- Deverão existir apoios ajustáveis para os pés (PSS: 6 D);</li> <li>- Prever a utilização de luvas, máscara e óculos (PSS: 10 A, 10 B, 10 H e 16 D);</li> <li>- Este assento prevê a utilização de uma mola que absorva as vibrações de baixa frequência (PSS: 17 A, 17 B);</li> <li>- As exigências visuais específicas requeridas pela tarefa foram atendidas (PSS: 18 A)</li> </ul>

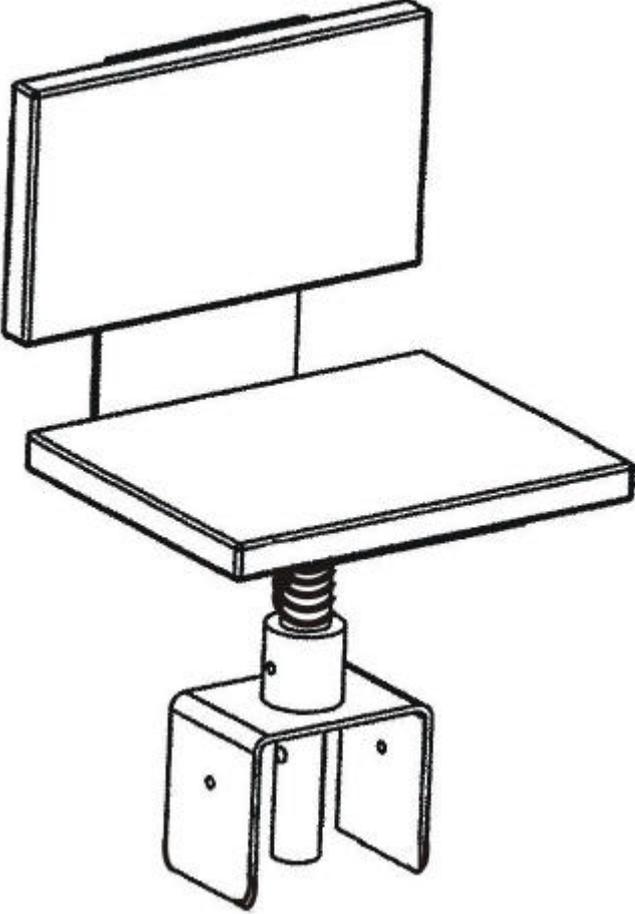
**TABELA 6.16 (Cont.)** – Comparação dos princípios de solução gerados com e sem a utilização da metodologia para a concepção de máquinas agrícolas seguras.

<b>MÓDULO Au 4 : Fixar mudas</b>	
<b>Concepção gerada por Carrafa (2002)</b>	<b>Comentários</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Algumas arestas deste módulo poderão ferir o usuário;</li> <li>- Não foi prevista pintura padrão para segurança;</li> </ul>
<b>Concepção que incorpora aspectos de segurança e conforto</b>	<b>Comentários</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peças que possuíam arestas possíveis de serem eliminadas, foram projetadas arredondadas de forma a minimizar as possibilidades de ferimentos aos usuários (PSS: 8 A);</li> <li>- Deverá ser prevista pintura padrão para a segurança (PSS: 5C);</li> <li>- Os parafusos de fixação deverão ser projetados embutidos (PSS: 8 A)</li> </ul>
<b>MÓDULO Au 5 : Captar potência</b>	
<b>Concepção gerada por Carrafa (2002)</b>	<b>Comentários</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Esta transmissão foi projetada sem proteção e sem estar embutida conforme determina a lei</li> </ul>
<b>Concepção que incorpora aspectos de segurança e conforto</b>	<b>Comentários</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deverá ser prevista pintura padrão para a segurança (PSS: 5C);</li> <li>- Os parafusos de fixação deverão ser projetados embutidos (PSS: 8 A)</li> <li>- Prever a utilização de uma proteção que só possa ser removida para manutenção e com a máquina parada (PSS: 8 B);</li> </ul>

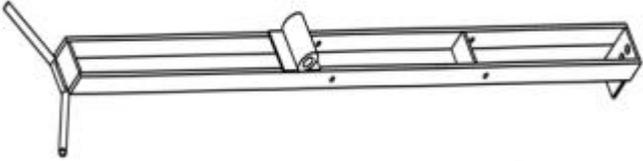
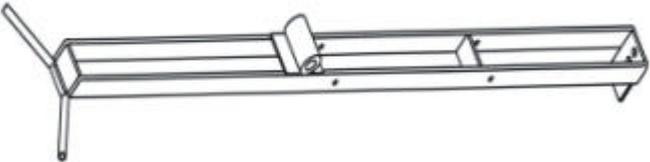
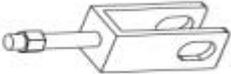
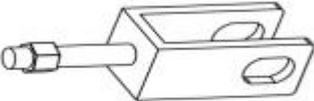
**TABELA 6.16 (Cont.)** – Comparação dos princípios de solução gerados com e sem a utilização da metodologia para a concepção de máquinas agrícolas seguras.

<b>MÓDULO Au 6 : Dar locomoção</b>	
<b>Concepção gerada por Carrafa (2002)</b>	<b>Comentários</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Algumas arestas deste módulo poderão ferir o usuário;</li> <li>- Não foi prevista pintura padrão para segurança;</li> </ul>
<b>Concepção que incorpora aspectos de segurança e conforto</b>	<b>Comentários</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peças que possuíam arestas possíveis de serem eliminadas, foram projetadas arredondadas de forma a minimizar as possibilidades de ferimentos aos usuários (PSS: 8 A);</li> <li>- Deverá ser prevista pintura padrão para a segurança (PSS: 5 C);</li> <li>- Os parafusos de fixação deverão ser projetados embutidos (PSS: 8 A)</li> </ul>
<b>MÓDULO Au 7 : Dirigir (imprimir direção)</b>	
<b>Concepção gerada por Carrafa (2002)</b>	<b>Comentários</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Esta espécie de assento não absorve vibrações;</li> </ul>

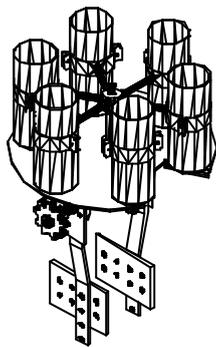
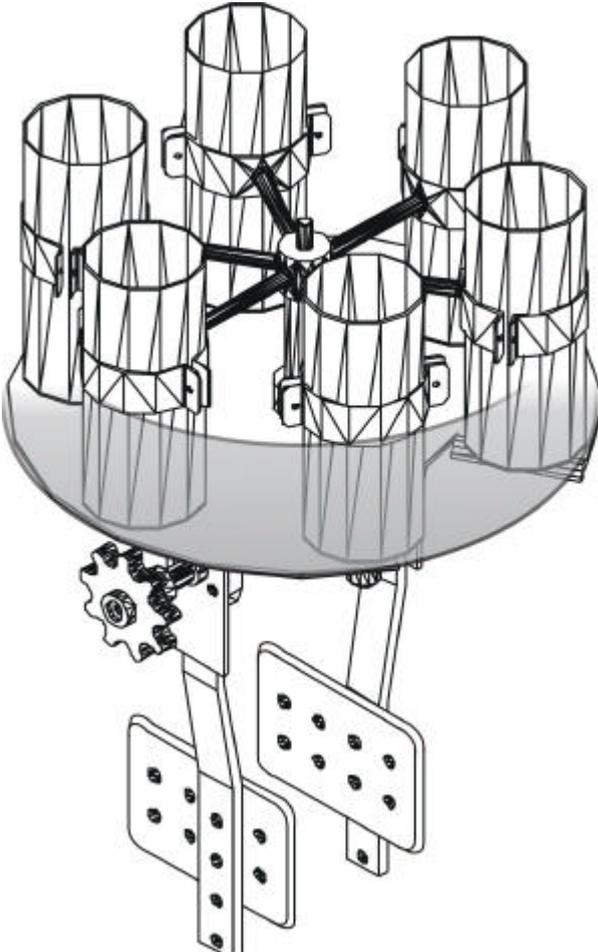
**TABELA 6.16 (Cont.)** – Comparação dos princípios de solução gerados com e sem a utilização da metodologia para a concepção de máquinas agrícolas seguras.

<b>MÓDULO Au 7 (Cont.): Dirigir (imprimir direção)</b>	
<b>Concepção que incorpora aspectos de segurança e conforto</b>	<b>Comentários</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O operador deverá ser isolado dos efeitos das intempéries (PSS: 2 C);</li> <li>- Os símbolos deverão ser normalizados (PSS: 5 B);</li> <li>- O assento deverá possuir regulagens para que pessoas de diferentes estaturas possam utilizá-lo com segurança e conforto (PSS: 6C);</li> <li>- O operador deverá utilizar EPI auricular (PSS: 6 E, 10 E e 15 B);</li> <li>- A velocidade de trabalho não deverá oferecer riscos ao operador e ambiente (PSS: 7 B);</li> <li>- Os sistemas de fixação não apresentam saliências e nem arestas cortantes (PSS: 8 A);</li> <li>- O sistema deverá possuir uma embreagem que seja acionada pelos pés para prevenir acidentes caso os membros superiores fiquem presos entre os alojadores de mudas (PSS: 8 C);</li> <li>- Os comandos e controles não causam fadiga muscular e nem confusão mental (PSS: 11 B);</li> <li>- Deverá existir cinto de segurança (PSS: 12 A);</li> <li>- Deverá existir estrutura anticapotamento (PSS: 12 C);</li> <li>- Deverá existir estrutura antitombamento (PSS: 12 D);</li> <li>- Deverá existir na máquina um local para armazenamento do manual (PSS: 13 E);</li> <li>- Controles e comandos com posicionamento e dimensões que proporcionam fácil alcance e ângulos adequados entre as diversas partes do corpo do operador (PSS: 14 A);</li> <li>- Deverão existir apoios ajustáveis para os pés (PSS: 6 D)</li> <li>- Prever a utilização de luvas, óculos e máscara (PSS: 10 A, 10 B, 10 H e 16 D);</li> <li>- Este assento prevê a utilização de uma mola que absorva as vibrações de baixa frequência (PSS: 17 A, 17 B);</li> <li>- As exigências visuais específicas requeridas pela tarefa foram atendidas (PSS: 18 A)</li> </ul>

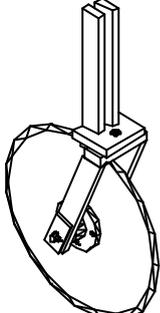
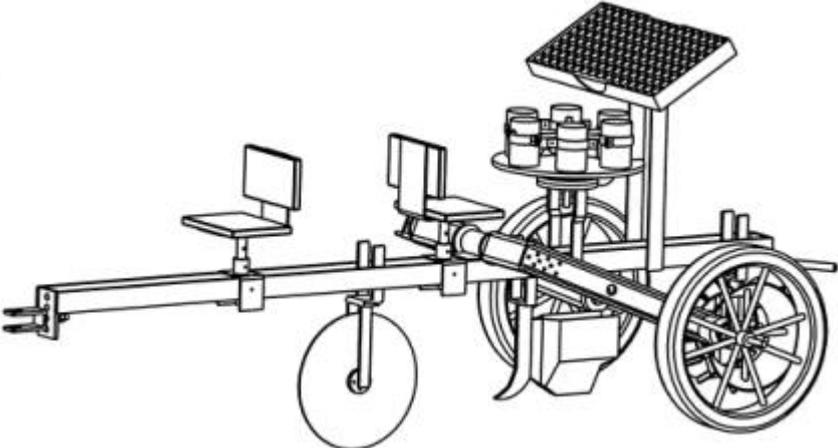
**TABELA 6.16 (Cont.)** – Comparação dos princípios de solução gerados com e sem a utilização da metodologia para a concepção de máquinas agrícolas seguras.

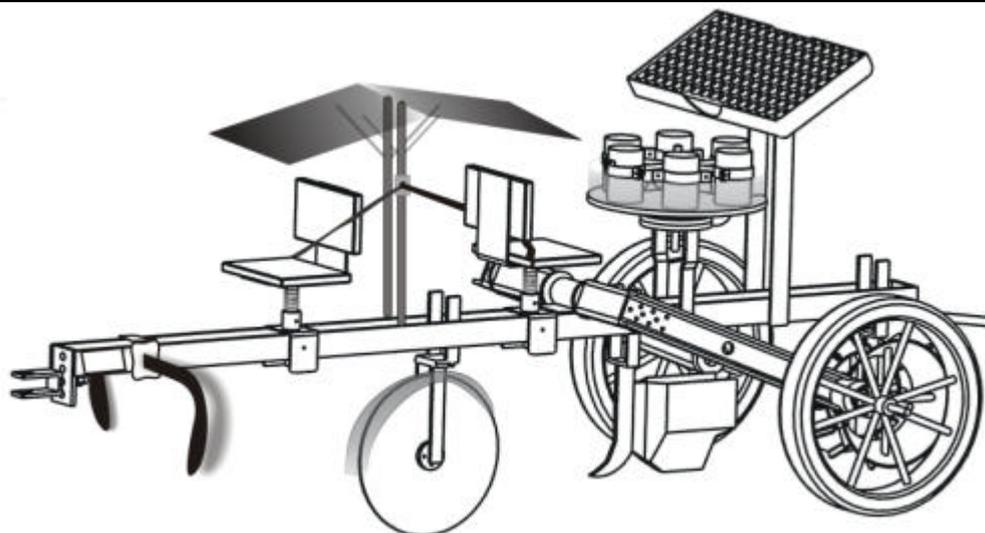
<b>MÓDULO Au 8 : Unir partes</b>	
<b>Concepção gerada por Carrafa (2002)</b>	<b>Comentários</b>
	<p>- Algumas arestas deste módulo poderão ferir o usuário;</p>
<b>Concepção que incorpora aspectos de segurança e conforto</b>	<b>Comentários</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deverá ser prevista pintura padrão para a segurança (PSS: 5 C);</li> <li>- Peças que possuíam arestas possíveis de serem eliminadas, foram projetadas arredondadas de forma a minimizar as possibilidades de ferimentos aos usuários (PSS: 8 A);</li> <li>- Os parafusos de fixação deverão ser projetados embutidos (PSS: 8 A).</li> </ul>
<b>MÓDULO Au 9 : Unir partes</b>	
<b>Concepção gerada por Carrafa (2002)</b>	<b>Comentários</b>
	<p>- Algumas arestas deste módulo poderão ferir o usuário;</p>
<b>Concepção que incorpora aspectos de segurança e conforto</b>	<b>Comentários</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deverá ser prevista pintura padrão para a segurança (PSS: 5 C);</li> <li>- Peças que possuíam arestas possíveis de serem eliminadas, foram projetadas arredondadas de forma a minimizar as possibilidades de ferimentos aos usuários (PSS: 8 A).</li> </ul>

**TABELA 6.16 (Cont.)** – Comparação dos princípios de solução gerados com e sem a utilização da metodologia para a concepção de máquinas agrícolas seguras.

<b>MÓDULO B1: Transplantador</b>	
<b>Concepção gerada por Carrafa (2002)</b>	<b>Comentários</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Folgas sem proteção</li> <li>- Presença de arestas que podem causar ferimentos;</li> <li>- Falta de uma embreagem que possa ser acionada pelos pés;</li> <li>- Falta de uma barreira que impeça a entrada inadvertida e conseqüente prisão de uma mão entre os cilindros</li> <li>- Engrenagem sem proteção;</li> </ul>
<b>Concepção que incorpora aspectos de segurança e conforto</b>	<b>Comentários</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deverá ser prevista pintura padrão para a segurança (PSS: 5 C);</li> <li>- Prever utilização de luvas (PSS: 6 E e 10 B);</li> <li>- Presença de barreira para impedir a entrada inadvertida das mãos (PSS: 6 F);</li> <li>- Aberturas padrões para não prender mãos e artelhos (PSS: 6 G);</li> <li>- Determinar a rotação adequada para que não cause acidente (PSS: 7 A e 7 B);</li> <li>- Comandos e controles que não causem fadiga muscular e nem confusão mental no operador (PSS: 11 B);</li> <li>- Comandos e controles com dimensões e posicionamento que possibilitam fácil alcance e ângulos adequados entre as diversas partes do corpo do operador (PSS: 14 A);</li> <li>- Tipo, design e disposição dos comandos e controles correspondente à tarefa a ser executada (PSS: 14 B);</li> <li>- Prever embreagem para ser acionada pelos pés (PSS: 8 C);</li> <li>- Arredondar as arestas que sejam passíveis (PSS: 8 A);</li> <li>- Prever proteção para a transmissão (PSS: 8 B e 8 D)</li> </ul>

**TABELA 6.16 (Cont.)** – Comparação dos princípios de solução gerados com e sem a utilização da metodologia para a concepção de máquinas agrícolas seguras.

<b>MÓDULO E1: Corte de palhada</b>	
<b>Concepção gerada por Carrafa (2002)</b>	<b>Comentários</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Algumas arestas deste módulo poderão ferir o usuário;</li> <li>- Peças que possuam movimento, se possível, deverão ser projetadas embutidas ou protegidas;</li> <li>- Não foi prevista pintura padrão para segurança;</li> </ul>
<b>Concepção que incorpora aspectos de segurança e conforto</b>	<b>Comentários</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peças que possuíam arestas possíveis de serem eliminadas, foram projetadas arredondadas de forma a minimizar as possibilidades de ferimentos aos usuários;</li> <li>- Foi prevista uma proteção para a peça que pode causar cortes e possui movimento;</li> <li>- Prever a utilização de EPI (botina);</li> <li>- Deverá ser prevista pintura padrão para a segurança;</li> <li>- Os parafusos de fixação deverão ser projetados embutidos</li> </ul>
<b>Concepção da transplantadora de mudas (Carrafa, 2002)</b>	
	
<b>Comentários</b>	
<p>Alguns comentários serão realizados junto a Figura da transplantadora de mudas com os conceitos sobre conforto e segurança incorporados</p>	

**TABELA 6.16 (Cont.)** – Comparação dos princípios de solução gerados com e sem a utilização da metodologia para a concepção de máquinas agrícolas seguras.**Transplantadora de mudas com os conceitos sobre conforto e segurança incorporados****Comentários**

Nesta figura da transplantadora de mudas com os conceitos sobre conforto e segurança incorporados, entre outros, é possível observar que:

- /// Os assentos foram dotados de molas para absorver as vibrações de baixa frequência;
- /// A máquina possui uma estrutura de proteção contra capotamento;
- /// A máquina possui uma proteção contra as intempéries (principalmente sol);
- /// A máquina foi dotada de cinto de segurança;
- /// A máquina foi dotada de proteção para entradas inadvertidas das mãos em folgas entre os cilindros e a bandeja e entre os próprios cilindros;
- /// Todas as arestas, possíveis, foram arredondadas;
- /// Peças em movimento e que podem produzir cortes foram projetadas com protetores (disco de corte e transmissão);
- /// A máquina possui uma proteção contra tombamento lateral;
- /// Os parafusos e fixações foram projetados embutidos;
- /// Os operadores deverão usar protetores auriculares visto que a transplantadora não faz ruído, porém, o microtrator o faz;

A Tabela 6.17 apresenta com maior riqueza de detalhes, uma análise da *situação* de incorporação ou não dos *princípios de solução para a segurança* (PSS) relacionados a cada *restrição* (Tabela 6.9) vinculada aos *atributos de segurança*. Nesta tabela, observa-se que dos *setenta e três* PSS gerados, *vinte e dois* foram incorporados ao projeto da máquina nesta fase, *vinte e cinco* ficaram previstos para serem incorporados em fases posteriores do processo de projeto e *vinte e seis* não se aplicam à máquina que está sendo estudada.

Em outras palavras, *quarenta e sete* PSS pertinentes ao equipamento foram incluídos ao processo de projeto, aumentando sensivelmente a segurança do usuário da transplantadora de mudas.

**TABELA 6.17** – Análise da situação de incorporação ou não dos PSS relacionados a cada restrição vinculadas aos atributos de segurança.

	ATRIBUTO DE SEGURANÇA	RESTRIÇÃO	PSS	SITUAÇÃO
1	CAPACITAÇÃO	Garantir que a máquina só sairá da indústria para comercialização, após <u>todos os meios que serão utilizados para a capacitação</u> de todos os envolvidos no processo terem sido confeccionados de forma a serem facilmente entendidos e assimilados.	1 A	∅
			1 B	∅
2	CLIMA	Prever sistema de proteção do operador para longas exposições ao sol e às intempéries	2 A	∅
			2 B	∅
			2 C	∅
3	COMUNICAÇÃO SONORA	Prever sistemas de sinais sonoros que garantam a segurança do usuário e/ou envolvidos no processo.	3 A	∅
			3 B	∅
			3 C	∅
4	COMUNICAÇÃO TÁCTIL	Prever que os comandos e controles permitirão fácil e segura comunicação táctil com o usuário	4 A	∅
5	COMUNICAÇÃO VISUAL	Garantir, na máquina, sistemas visuais que proporcionem segurança do usuário e ambiente	5 A	∅
			5 B	∅
			5 C	∅
6	DIMENSÕES	Garantir que as dimensões para acesso, movimentação, conforto e de restrições de acesso sejam observadas a fim de proporcionar segurança e conforto do usuário.	6 A	∅
			6 B	∅
			6 C	∅
			6 D	∅
			6 E	∅
			6 F	∅
			6 G	∅
			6 H	∅
7	DINÂMICA	Ter velocidade, aceleração, torque e aspectos relacionados à inércia que não provoquem danos à saúde e ao ambiente.	7 A	∅
			7 B	∅
8	ELEMENTOS MECÂNICOS	Garantir que os elementos móveis, elementos cortantes, fixações, acoplamentos e o acabamento da máquina não ofereçam riscos ao usuário e ambiente.	8 A	∅
			8 B	∅
			8 C	∅
			8 D	∅
9	ENERGIA GERADORA OU GERADA	Garantir a inexistência de acesso e de não vazamento ao ambiente de energia térmica, elétrica, mecânica, atômica, etc., geradora ou gerada que possa causar danos ou ferimentos à saúde do operador e ao ambiente.	9 A	∅
			9 B	∅
10	EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL	Garantir a descrição de todas as operações insalubres e perigosas existentes nos equipamentos e os EPI's necessários para amenizar e/ou prevenir estes perigos	10 A	∅
			10 B	∅
			10 C	∅
			10 D	∅
			10 E	∅
			10 F	∅
			10 G	∅
			10 H	∅
11	ESFORÇOS FÍSICOS	Garantir que o operador não tenha que desenvolver esforços que excedam a sua capacidade física mesmo que sejam realizados de forma repetitiva e constante.	11 A	∅
			11 B	∅
			11 C	∅
			11 D	∅
12	ESTABILIDADE DO EQUIPAMENTO	Ter sistemas de proteção para eventuais emborcamentos, tombamentos, capotamentos, abalroamentos e colisões.	12 A	∅
			12 B	∅
			12 C	∅
			12 D	∅

**TABELA 6.17 (Cont.)** – Análise da situação de incorporação ou não dos PSS relacionados a cada restrição vinculadas aos atributos de segurança.

	ATRIBUTO DE SEGURANÇA	RESTRIÇÃO	PSS	SITUAÇÃO
13	MANUAIS	Garantir o fácil acesso ao manual e às informações nele contidas a fim de garantir a segurança do usuário.	13 A	⌘
			13 B	⌘
			13 C	⌘
			13 D	⌘
			13 E	⌘
14	POSICIONAMENTO E FORMA DE ACIONAMENTO DE CONTROLES E COMANDOS	Garantir que o posicionamento e a forma de acionamento dos controles e comandos sejam tal que não colaborem para causar acidentes e nem lesões ao operador	14 A	⌘
			14 B	⌘
			14 C	⌘
			14 D	⌘
			14 E	⌘
			14 F	⌘
			14 G	⌘
			14 H	⌘
15	RUÍDOS	Garantir que os ruídos não ultrapassarão 85 dB(A) para cada 8 horas de trabalho	15 A	⌘
			15 B	⌘
			15 C	⌘
16	SUBSTÂNCIAS TÓXICAS	Garantir que o equipamento de trabalho será projetado de tal forma que qualquer material ou radiação perigosa presentes durante a operação seja identificada e tratada com os dispositivos adequados, evitando expor o operador a riscos para a saúde.	16 A	⌘
			16 B	⌘
			16 C	⌘
			16 D	⌘
17	VIBRAÇÃO	Isolar o operador de vibrações que possuem frequências inferiores a 30 Hz	17 A	⌘
			17 B	⌘
			17 C	⌘
18	VISIBILIDADE	Garantir que o usuário sempre terá boa visibilidade para executar todas as tarefas previstas na operação e manutenção do equipamento	18 A	⌘
			18 B	⌘
			18 C	⌘
			18 D	⌘
			18 E	⌘
			18 F	⌘

**LEGENDA:**

⌘	Princípio de solução para a segurança incorporado ao processo de projeto nesta fase.
⌘	Princípio de solução para a segurança previsto para ser incorporado em fases posteriores do processo de projeto.
⌘	Princípio de solução para a segurança que não se aplica à máquina que foi estudada.

**6.5 – COMENTÁRIOS FINAIS**

No projeto da transplantadora de mudas desenvolvido por Carrafa (2002), observa-se que, por não haver uma metodologia realmente dedicada à segurança, não foram previstos os ruídos gerados pelo microtrator a que serão submetidos os usuários.

Por esta razão, já que é impossível interferir no projeto do microtrator, e caso os itens 1, 10 e 15 da Tabela 6.9 fossem considerados, no mínimo, deveriam ser previstos EPI's auriculares pelos trabalhadores.

Outro fato que se destaca no trabalho de Carrafa (2002) é a ausência da previsão do uso de EPI's, como luvas, óculos e outros. O uso destes equipamentos reduziria sensivelmente eventuais ferimentos nos usuários.

No momento em que a transplantadora de mudas é acoplada ao microtrator, o conjunto formado transforma-se em uma máquina autopropelida. Logo, na mesma, deverão ser inseridos dispositivos de proteção contra tombamento, capotamento, colisões.

Carrafa (2002), também se preocupava com as vibrações transmitidas aos usuários. Agora, com a previsão da inserção de molas nos assentos que absorvam as mesmas, isto será sensivelmente reduzido. Porém, ainda é um problema de projeto *o como reduzir* as vibrações transmitidas aos braços do condutor do conjunto pelo microtrator.

Soma-se a isto, além de tudo que já foi exposto neste Capítulo, a falta de um efetivo planejamento para a capacitação de todos os envolvidos no processo (item 1, Tabela 6.9). Quando da análise do ciclo de vida da transplantadora de mudas (Tabela 6.2, item 7), Carrafa (2002) afirma o seguinte: *‘Que não seja previsto conhecimento específico para o uso do equipamento e que o operador não seja exposto a graves riscos. Para tal, o equipamento deverá atender às normas de segurança e ser leve’*. O Decreto Lei 1.255 (Brasil, 1994), **determina** que deverá ser oferecida pela indústria a capacitação de todos os envolvidos no processo. Assim sendo, uma das primeiras providências que deverá ser tomada para que o equipamento atenda às Normas de Segurança, conforme se preocupava Carrafa (2002), será prevendo a capacitação dos usuários para que eles venham a *possuir conhecimento específico sobre o uso e manutenção do equipamento*.

Na Tabela 64 (Caracterização dos principais consumidores), Carrafa (2002) descreve-os como sendo *‘possuidores de baixa escolaridade e tendo uma forma de trabalho árduo permanecendo muito tempo na mesma posição e expostos às intempéries’*. O fato de possuírem *baixa escolaridade* reforça ainda mais a necessidade de capacitação. Quanto ao fato de *possuírem uma forma de trabalho árduo, permanecendo muito tempo na mesma posição e expostos às intempéries*, é possível constatar com as informações geradas pela metodologia para a concepção de máquinas agrícolas seguras que:

- ≡ Foram reduzidas as vibrações de baixa frequência;
- ≡ Os operadores não mais continuam expostos ao sol;
- ≡ Mesmo continuando na mesma posição, com o efeito das intempéries e das vibrações reduzidos, torna-se menos penosa a jornada de trabalho.

Seguindo os passos da metodologia proposta e apresentada no Capítulo 5, foi possível proporcionar a identificação, em nível de projeto, de um conjunto de princípios de solução para segurança, que em si, aparentemente não onera o projeto de produto e por certo o próprio produto. Entende-se, por isso, que uma vez institucionalizado um processo como este num ambiente de projeto de produto devidamente treinado para a metodologia geral de projeto po-

de-se, de forma simples, ocupar-se dos conhecimentos aqui apresentados para implementar os aspectos de segurança no contexto do projeto.

Pelas razões expostas neste Capítulo, julga-se que a metodologia para a concepção de máquinas agrícolas seguras contribui para qualificar o projeto de máquinas agrícolas, proporcionando maior segurança e até mesmo conforto do usuário, sem que para tal, com o uso do método, seja o produto onerado ou mesmo mais difícil de ser usado pelos projetistas.

# Capítulo 7 — BANCO DE DADOS SOBRE ASPECTOS DE SEGURANÇA EM MÁQUINAS AGRÍCOLAS

## 7.1 – INTRODUÇÃO

Alguns dos objetivos deste trabalho, como já descrito no Capítulo 1, são:

- ≡≡ Sistematizar o processo de projeto para a concepção de máquinas agrícolas seguras, considerando a Legislação, Norma Regulamentadora Rural, Normas Técnicas Nacionais e Internacionais para o desenvolvimento de ferramentas de apoio ao projeto para a segurança de máquinas e implementos agrícolas;
- ≡≡ Caracterizar os fatores de influência para a segurança de máquinas agrícolas;
- ≡≡ Desenvolver métodos e ferramentas de apoio ao projeto de máquinas agrícolas, em suas fases informacional e conceitual, com enfoque em segurança;
- ≡≡ Aplicar e validar o modelo proposto e as ferramentas em um estudo de caso.

Então, para atingir a estes objetivos, foi desenvolvido o programa computacional que será descrito a seguir, a partir da definição dos atributos de segurança descritos no Capítulo 5 (Figura 5.13), onde são possíveis de ser armazenados e facilmente consultados, conteúdos da Legislação, das Normas Regulamentadoras e de Normas Técnicas Nacionais e Internacionais entre outros, na forma de requisitos, restrições, soluções técnicas e princípios de solução para a concepção de máquinas agrícolas seguras.

## 7.2 – CONCEPÇÃO DO BANCO DE DADOS SOBRE ASPECTOS DE SEGURANÇA EM MÁQUINAS AGRÍCOLAS

A concepção do BDASMA se deu a partir da definição *dos atributos de segurança* (Figura 5.13). Ou seja, buscou-se na Legislação, na NRR, nas NR's, em normas técnicas específicas e em normas técnicas complementares nacionais e internacionais (Figuras 7.1 e 7.2), de maneira geral, informações que resultassem em restrições de segurança para a transplantadora de mudas utilizada no estudo de caso e, conseqüentemente em princípios de solução para a segurança que fossem relacionados aos atributos de segurança.

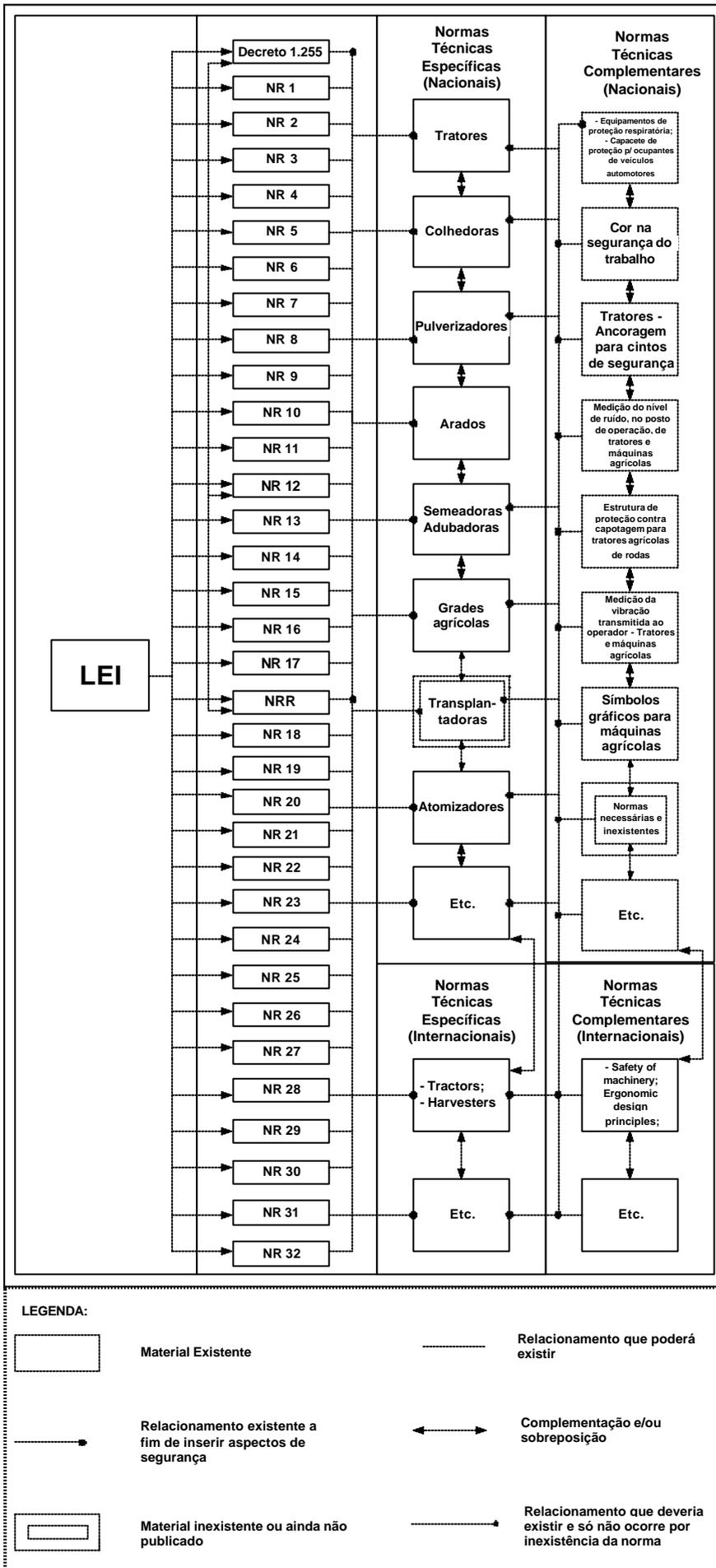


FIGURA 7.1 – Roteiro para a obtenção das restrições de segurança.

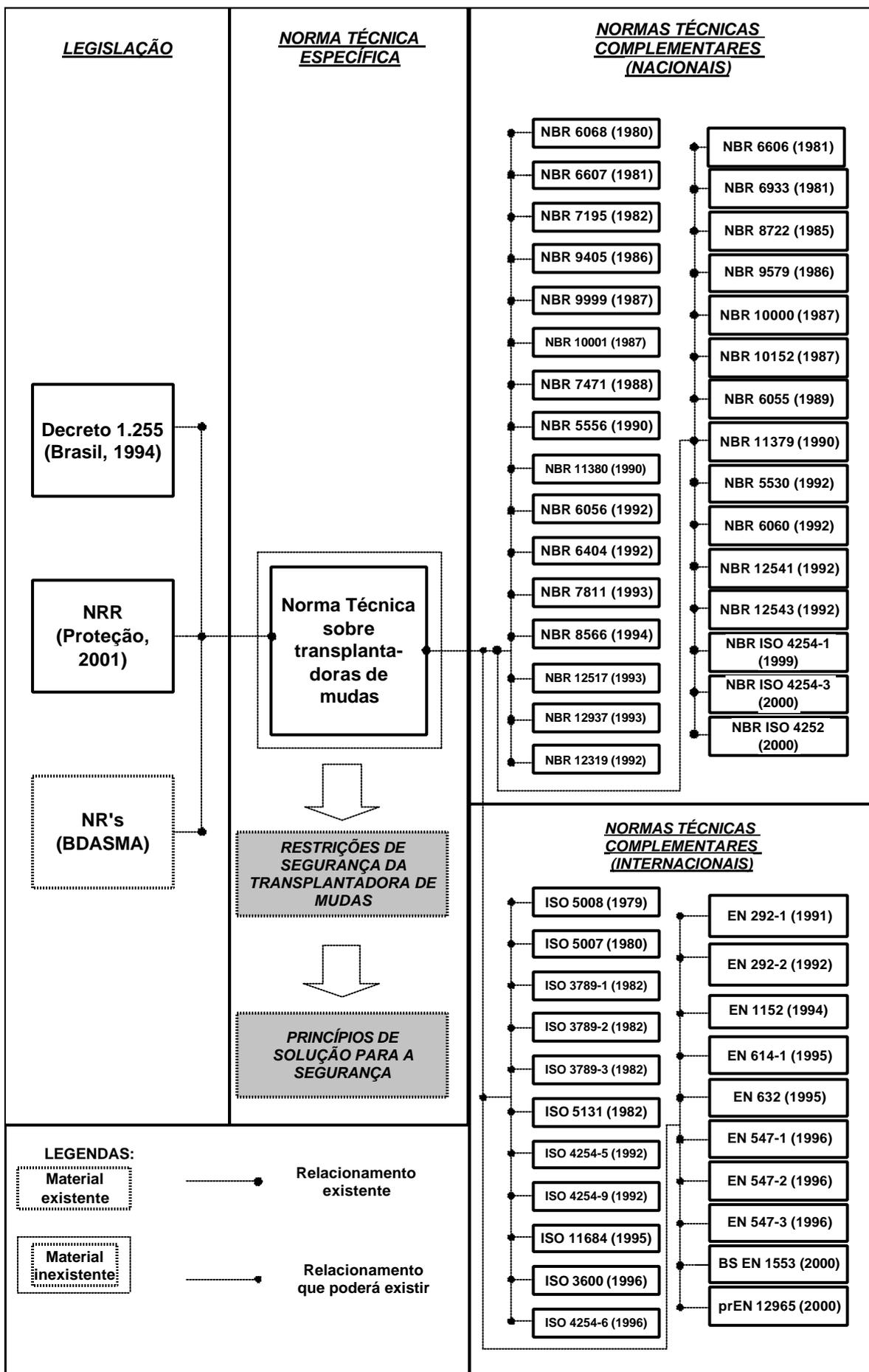


FIGURA 7.2 – Roteiro para a obtenção das *restrições de segurança* e dos *princípios de solução para a segurança* no projeto de uma transplantadora de mudas.

Neste caso, mesmo não existindo uma norma técnica específica para transplantadora de mudas, buscou-se na legislação e demais documentos descritos anteriormente, os aspectos que fossem pertinentes às questões de segurança que envolvem a operação e manutenção de uma transplantadora de mudas, fazendo com que o próprio BDASMA, a partir de seu conteúdo se auto alimentasse, desta feita, com informações cada vez mais refinadas e dedicadas aos atributos de segurança, gerando com isso a fácil consulta, como já exposto anteriormente, dos conteúdos da Legislação, Normas Regulamentadoras e de Normas Técnicas nacionais e internacionais entre outros, na forma de requisitos, restrições, princípios de solução para a segurança.

### 7.3 – ABORDAGEM COMPUTACIONAL PARA O ARMAZENAMENTO E OBTENÇÃO DE ASPECTOS RELATIVOS À SEGURANÇA EM MÁQUINAS AGRÍCOLAS

Com o objetivo de elaborar um sistema computacional interativo que proporcione aos projetistas as informações sobre aspectos de segurança que devem ser observados nas fases de projeto informacional e conceitual do processo de projeto, foi então desenvolvido este programa, sobre uma base denominada NEOBOOK – PROFESSIONAL MULTIMEDIA (NEOSOFT CORP.)®, necessitando do apoio do software ADOBE ACROBAT READER® para o seu completo funcionamento e que opera no ambiente do MICROSOFT WINDOWS®.

O mesmo possui somente quatro arquivos e dois executáveis.

Os executáveis são:

≡ **bdasma**: que executa o programa computacional do banco de dados sobre aspectos de segurança em máquinas agrícolas, abrindo a interface apresentada na Figura 7.3;

≡ **cadastro dados**: que executa a interface do cadastro geral do banco de dados (Figura 7.15), permitindo inserir ou excluir dados.

Os quatro arquivos são:

≡ **atributos**: onde estão (e deverão ser) armazenados os textos em PDF (ADOBE®) e que deverão ser identificados como TEXTO 1.PDF, TEXTO 2.PDF, ....., TEXTO n.PDF. Este é o arquivo que contém as informações detalhadas sobre os atributos de segurança.

≡ **db**: é o arquivo que contém toda a programação computacional, em outras palavras, é o cérebro do programa;

≡ **img**: é o arquivo que contém todas as imagens do programa;

≡ **lei normas**: é o arquivo onde estão armazenadas, em PDF (ADOBE®), as íntegras da Legislação e de todas as Normas Regulamentadoras brasileiras.

### 7.3.1 – Banco de dados sobre aspectos de segurança em máquinas agrícolas

A Figura 7.3 apresenta a interface de abertura do programa, onde, ao clicar o *mouse* do computador sobre a tecla “entrar” ativa-se o programa e surge então a interface apresentada na Figura 7.4.



**FIGURA 7.3** – Interface de abertura do banco de dados sobre aspectos de segurança em máquinas agrícolas.

A interface apresentada na Figura 7.4, permite buscar dados de duas formas:

- ☞ Através de busca direta clicando o *mouse* sobre o assunto escolhido (ATRIBUTOS DE SEGURANÇA ou LEGISLAÇÃO E NORMAS);
- ☞ Através de busca automática por palavra chave.



**FIGURA 7.4** – Interface para busca sobre atributos de segurança ou legislação e normas de forma direta ou então através de palavras-chave.

As Figuras 7.5 e 7.6, apresentam a interface da seqüência de ocorrências, caso tivesse sido acionado o botão ATRIBUTOS DE SEGURANÇA. Na Figura 7.5, é mostrada a interface resultante deste acionamento, surgindo uma “janela” onde são listados todos os atributos de segurança existentes no banco de dados. A Figura 7.6 apresenta a interface existente, surgida da seleção, na Figura 7.5, do atributo ELEMENTOS MECÂNICOS. Ou seja, para o atributo ELEMENTOS MECÂNICOS, existem vinculadas a ele cinco palavras-chave. Ao clicar em uma destas palavras-chave, abrir-se-á um texto em PDF (ADOBE®), onde estão descritas as partes da Lei, das Normas Regulamentadoras e das Normas Técnicas que possibilitam ao projetista selecionar as restrições de projeto e soluções técnicas inerentes a alguma das palavras-chave existentes para cada ATRIBUTO DE SEGURANÇA.



**FIGURA 7.5** - Interface da seqüência de ocorrências, caso tivesse sido acionado o botão ATRIBUTOS DE SEGURANÇA na Figura 7.4.



**FIGURA 7.6** - Interface surgida da seleção na Figura 7.5 do atributo ELEMENTOS MECÂNICOS

Por outro lado, caso o usuário queira ter acesso às informações existentes sobre o atributo de segurança “elementos mecânicos” através de busca por palavra-chave, é só digitar no espaço exemplificado na Figura 7.7 e clicar o *mouse* em **buscar** que se abrirá a tela apresentada na Figura 7.8, onde, através de um clique do *mouse* sobre a palavra-chave escolhida, fará com que surja o texto em PDF (ADOBE®), onde estão descritas as partes da Lei, das Normas Regulamentadoras e das Normas Técnicas que possibilitam ao projetista selecionar as restrições de projeto e soluções técnicas inerentes a palavra-chave escolhida.

Caso não exista a palavra-chave digitada, o programa acusa sua não existência através da mensagem apresentada na Figura 7.9.



FIGURA 7.7 – Interface para busca de atributos de segurança por palavras-chave.

A busca, tanto através do **botão** LEGISLAÇÃO E NORMAS assim como por **palavras-chave** de Leis e Normas Regulamentadoras, na íntegra, é igual ao que foi apresentado até aqui para ATRIBUTOS DE SEGURANÇA (Figuras 7.10, 7.11, 7.12 e 7.13). A única diferença é apresentada na Figura 7.14, pois, no caso das Normas Regulamentadoras existe uma “janela” que permite tomar conhecimento do que trata cada uma através de um pequeno resumo, antes de ter acesso à sua íntegra em PDF.



FIGURA 7.8 – Interface entre atributo de segurança e palavras-chave relacionadas ao mesmo



FIGURA 7.9 – Mensagem de inexistência de palavra-chave procurada.



FIGURA 7.10 – Interface de busca de Norma Regulamentadora através de palavra-chave.



FIGURA 7.11 - Interface que apresenta o resultado da busca por palavra-chave.



FIGURA 7.12 – Interface surgida pela busca através do botão LEGISLAÇÃO E NORMAS apresentado na Figura 7.4.



FIGURA 7.13 – “Janela” de busca de Norma Regulamentadora surgida quando da seleção deste tema na Figura 7.12.



FIGURA 7.14 – Interface que apresenta um pequeno resumo da Norma regulamentadora que poderá ou não ser consultada na íntegra.

### 7.3.2 – Cadastro geral do banco de dados sobre aspectos de segurança em máquinas agrícolas

Para cadastrar qualquer Atributo de Segurança, Legislação ou Norma Regulamentadora, acessa-se o executável “**cadastro\_dados**”, originando a tela apresentada na Figura 7.15.

Basta selecionar “Atributos de Segurança” ou “Legislação e Normas” e, através dos botões existentes na parte inferior da Figura 7.16, adicionar ou suprimir algum atributo de segurança ou Norma Regulamentadora. É importante salientar que é necessário, como já foi dito anteriormente, para adicionar qualquer que seja o novo Atributo ou Norma, que seja colocado no arquivo **atributos**: textos em PDF (ADOBE®) e que deverão ser identificados como TEXTO 1.PDF, TEXTO 2.PDF, ....., TEXTO N.PDF, ou então no arquivo **lei normas**: textos em PDF (ADOBE®) para que o programa computacional possa vinculá-los com os Atributos ou Normas.

Os principais botões existentes na parte inferior da Figura 7.16 significam:

- + inclui dado;
- exclui dado;
- ☑ Confirma a operação
- x aborta a operação.

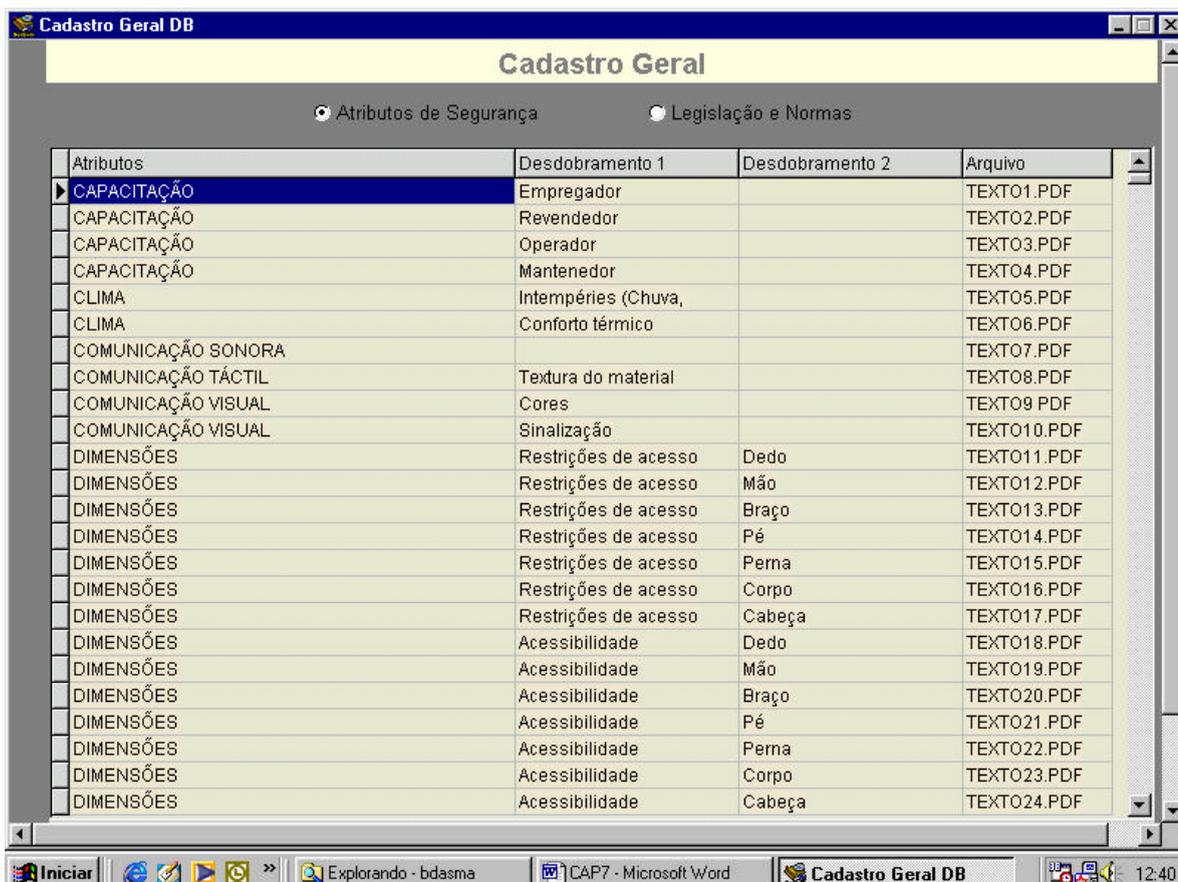


FIGURA 7.15 – Interface para cadastro ou exclusão de Atributos de Segurança e Legislação e Normas regulamentadoras.

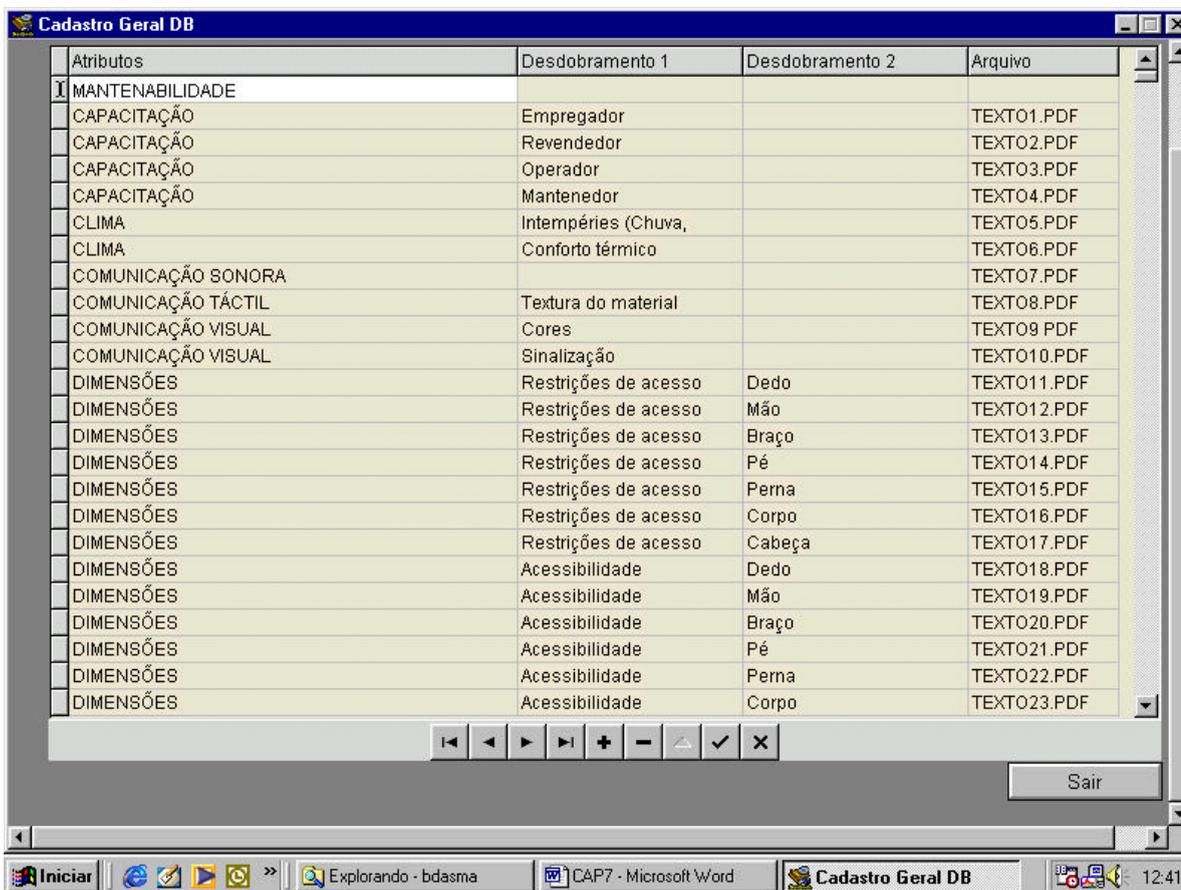


FIGURA 7.16 – Detalhe dos botões utilizados para inserção ou exclusão de dados.

#### 7.4 - COMENTÁRIOS FINAIS

O banco de dados sobre aspectos de segurança em máquinas agrícolas, além de ser extremamente fácil de ser consultado e de possuir várias opções para isto, apóia-se em outros softwares muito utilizados por todos os envolvidos no processo de projeto, tornando-o extremamente acessível a qualquer pessoa ou equipe que queira dele ser usuário.

Por outro lado, a sua praticidade em buscar textos PDF, que estejam nos arquivos a ele vinculados, permite que a todo o instante se possa atualizá-lo com novas informações sem que para isso se necessite buscar “especialistas” em informática para alterar o programa.

Como era um dos objetivos desta tese desenvolver um programa computacional que pudesse ser facilmente acessado pelo projetista e que servisse como banco de dados, na forma de requisitos, restrições, soluções técnicas e princípios de solução para máquinas agrícolas seguras, nas fases informacional e conceitual do processo de projeto, julga-se ter alcançado o objetivo, visto que o programa oferece algo mais do que era previsto, como por exemplo, a íntegra de todas as Normas Regulamentadoras existentes no País, para servirem de apoio na construção de novos bancos de dados, com foco em outros aspectos diferentes de máquinas agrícolas.

O resultado obtido, como poderá ser constatado no *software* em anexo, permitirá a sua utilização no projeto para a segurança de qualquer tipo de produto, principalmente máquinas agrícolas, desde que devidamente reabastecido e enriquecido pelas equipes de projeto que eventualmente deste Banco de Dados virem a se utilizar.



# Capítulo 8 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

## 8.1 – INTRODUÇÃO

Em parte, alguns pareceres conclusivos sobre os assuntos e resultados apresentados neste trabalho foram estabelecidos durante os estudos realizados nos capítulos anteriores, especialmente no estudo de caso (Capítulo 6). Porém, cabe ressaltar que, devido ao uso da metodologia para a concepção de máquinas agrícolas seguras, foram gerados setenta e três PSS, dos quais vinte e dois foram incorporados nas fases estudadas, vinte e cinco ficaram previstos para serem incorporados e/ou observados em fases posteriores do processo de projeto e vinte e seis não se aplicam à máquina que foi reprojetaada.

Cabe aqui, além de uma síntese, estabelecer as conclusões gerais desta tese, em função dos objetivos traçados e das hipóteses formuladas, estabelecendo caminhos a serem percorridos em trabalhos futuros, sob o tema desenvolvido, visando-se à evolução da metodologia para a concepção de máquinas agrícolas seguras e das ferramentas propostas para a utilização nas fases de projeto informacional e conceitual. Assim sendo, Nas seções que se seguem, são apresentadas as principais conclusões e recomendações da presente tese.

## 8.2 – CONCLUSÕES

Tendo em vista a problemática relacionada com o elevado número de acidentes ocorridos com os usuários de máquinas agrícolas e a falta de uma metodologia de projeto, para as fases iniciais do processo (projeto informacional e conceitual) que auxiliasse o projetista a inserir requisitos de segurança desde a concepção do produto, este trabalho se propôs a sistematizar o processo de projeto para a concepção de máquinas agrícolas seguras, considerando a Legislação, Norma Regulamentadora Rural, Normas Técnicas Nacionais e Internacionais para o desenvolvimento de ferramentas de apoio ao projeto de máquinas agrícolas; caracterizando os fatores de influência na segurança de máquinas agrícolas; modelando o processo de projeto considerando os fatores de influência para a segurança destas máquinas; desenvolvendo métodos e ferramentas de apoio ao projeto de máquinas agrícolas, em suas fases informa-

cional e conceitual, com enfoque em segurança e aplicando e avaliando o modelo proposto e as ferramentas desenvolvidas em um estudo de caso de projeto de máquina agrícola.

A partir do objetivo central desta tese (descrito anteriormente), dos resultados verificados no estudo de caso realizado e da verificação das hipóteses (descritas no Capítulo 1) conclui-se que:

- ✍✍ Ao serem introduzidas restrições e princípios de solução para a segurança no processo de projeto, em suas fases informacional e conceitual, é possível se obter máquinas agrícolas mais seguras que, com certeza, contribuirão para reduzir o elevado número de acidentes que ocorrem na operação e manutenção das mesmas;
- ✍✍ É possível estudar, priorizar e armazenar aspectos inerentes à Legislação, Normas Regulamentadoras, Norma Regulamentadora Rural, Normas Técnicas e conhecimento gerado sobre segurança em máquinas agrícolas em um banco de dados, na forma de requisitos, restrições, princípios de solução e princípios de solução para máquinas seguras a fim de, nas fases informacional e conceitual do processo de projeto, os mesmos serem facilmente acessados pelo projetista, facilitando sobremaneira a sua atividade;
- ✍✍ O agrupamento das informações relativas à segurança contidas em normas técnicas, leis, normas regulamentadoras e outros (nacionais e internacionais) em um banco de dados, além de facilitar o trabalho do projetista, também oportunizam o aumento da qualidade do produto, permitindo a sua inserção em mercados ditos de primeiro mundo, por atenderem às especificações exigidas nesses países;
- ✍✍ A utilização da metodologia para a concepção de máquinas agrícolas seguras, pela riqueza de informações oriundas de seu banco de dados, em alguns casos, permitiu até que a equipe de projeto faça a previsão da necessidade de EPI's, por exemplo, que não seriam necessários de serem utilizados por causa da máquina que está sendo projetada, mas sim, devido a eventuais efeitos nocivos à saúde do operador oriundos das máquina a que ela será acoplada para trabalhar;
- ✍✍ A metodologia de projeto para a concepção de máquinas agrícolas seguras contribuiu para qualificar o projeto de máquinas agrícolas, proporcionando maior segurança ao usuário.

Deve-se considerar ainda as limitações das ferramentas propostas, visando consolidar a metodologia para a concepção de máquinas agrícolas seguras na atividade de projeto informacional e conceitual. Ou seja, acredita-se que é necessário aprimorar a nomenclatura dos atributos de segurança, deixando-os com uma linguagem mais adequada aos projetistas de máquinas, e também, necessário se faz evoluir a ferramenta F19 (BDASMA) a fim de que o mesmo melhor auxilie projetistas e demais interessados.

Sob tais conclusões, entende-se que os principais objetivos desta tese foram alcançados e, considerando-se os estudos e as implementações que se fazem necessários para avançar neste campo do conhecimento, a seguir, são descritas as recomendações consideradas importantes para orientar os avanços pretendidos sob as propostas e os resultados desta tese.

### 8.3 – RECOMENDAÇÕES

Conforme já mencionado, buscou-se, na presente tese, colocar em prática as atividades de concepção de máquinas agrícolas seguras, com o auxílio da ferramenta computacional do banco de dados sobre aspectos de segurança em máquinas agrícolas. Da forma com se apresenta, entende-se que o banco de dados contribui para tais propósitos, possibilitando conduzir sob interfaces fáceis e simples de operar, as atividades de concepção de máquinas agrícolas seguras, desde o estabelecimento das restrições de projeto até a avaliação da solução conceitual para cada módulo escolhido pelo projetista e para a máquina montada também.

A partir destas contribuições, verifica-se que existe potencial para futuras pesquisas e implementações, visando automatizar cada vez mais determinados recursos, suportando a equipe de projeto em atividades como manipulação e busca de aspectos de projeto inerentes à segurança e de auxílio à tomada de decisões.

Dessa maneira, estabelecem-se, a seguir, as recomendações da presente tese:

- ⌘ Que o programa computacional tenha implementado informações pertinentes à segurança e dedicadas às fases de projeto preliminar e detalhado, dando continuidade ao presente trabalho;
- ⌘ Que sejam desenvolvidos trabalhos semelhantes a este, tendo como estudo de caso outros produtos a fim de comparar a eficiência da metodologia desenvolvida;
- ⌘ Que sejam estudados e identificados outros atributos de segurança não incluídos neste trabalho;
- ⌘ Que o programa computacional seja constantemente atualizado e enriquecido de forma a sempre se manter útil para as equipes de projeto de máquinas agrícolas;

Finalmente, considerando-se os resultados e as conclusões obtidas neste trabalho, acredita-se ter contribuído, em linhas gerais, para que a concepção de máquinas agrícolas seguras, possa ser conduzida de maneira efetiva, sem interferir no processo criativo da equipe de projeto, possibilitando-se, cada vez mais, avançar neste campo do conhecimento, que se faz necessário e se constitui importante para se obter produtos competitivos, seguros, confortáveis e que reduzam acidentes e desconforto nos usuários de máquinas agrícolas.



## Capítulo 9 — BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ALONÇO, A. dos S. **Mecanização Agrícola**. Caderno Didático. NEMA, DER, CCR, UFSM. 1999. 136 p. (a)

ALONÇO, A. dos S. Noções de segurança e operação de tratores. In: REIS, Â . V. dos; MACHADO, A . L.T.; TILLMANN, C. A . da C.; MORAES, M.L.B de **Motores, tratores, combustíveis e lubrificantes**. Pelotas: Universitária/UFPEL, 1999. Cap. 4, p. 221 – 230. (b)

ALONÇO, A. dos S. **Segurança no Meio Rural**. Caderno Didático. Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. DEGI, UFSM. 2000. 170 p.

ALONÇO, A. dos S. **Metodologia de projeto para segurança em máquinas agrícolas**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. 2001. 87 p. Proposta de Tese de Doutorado.(a)

ALONÇO, A. dos S. **Totalmente inacessível**. Revista Cultivar Máquinas. Pelotas: Ceres, ano 1, n. 3, p.34-35. mai./jun. 2001.(b)

ALONÇO, A. dos S. & REIS, Â. V. dos **Perdas na colheita mecânica de grãos**. Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1997. 27 p. (EMBRAPA-CPACT. Documentos, 35).

ANUÁRIO BRASILEIRO DE PROTEÇÃO. Edição Especial da Revista Proteção. Novo Hamburgo: MPF Publicações Ltda. v. 6, Jan. 2000. 138 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 6068 – Pesos e dimensões de adultos para uso em veículos rodoviários**. São Paulo. 1980. 17 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 6533 – Es-**

**tabelecimento de segurança aos efeitos da corrente elétrica percorrendo o corpo humano.** São Paulo. 1981. 7 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 6606 – Determinação do alcance de controles manuais em veículos rodoviários automotores.** São Paulo. 1981. 5p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 6607 – Dimensões relativas a acoplamentos mecânicos entre caminhões, tratores, semi-reboques para sua intercambiabilidade.** São Paulo. 1981. 5p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 6933 – Determinação da posição da cabeça de ocupantes.** São Paulo. 1981. 8p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 7195 – Cor na segurança do trabalho.** São Paulo. 1982. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 8436 – Sensores e interruptores para veículos rodoviários e industriais automotores, tratores e similares – Dimensões básicas.** São Paulo. 1984. 4p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 8722 – Terminais e guarnições de base para cardas - Dimensões.** São Paulo. 1985. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 9200 – Disco plano de bisel simples para máquinas agrícolas - Dimensões.** São Paulo. 1985. 2p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 9267 – Disco plano para máquinas agrícolas.** São Paulo. 1986. 3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 9405 – Determinação do ponto de referência de assento (PRA) de tratores e de máquinas agrícolas autopropelidas.** São Paulo. 1986. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 9579 –**

**Tratores agrícolas – Ancoragem para cintos de segurança.** São Paulo. 1986. 4p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 9999 – Medição do nível de ruído, no posto de operação, de tratores e máquinas agrícolas.** São Paulo. 1987. 12p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 10000 – Estrutura de proteção contra capotagem para tratores agrícolas de rodas.** São Paulo. 1987. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 10001 – Estrutura de proteção contra capotagem para tratores agrícolas de rodas.** São Paulo. 1987. 23 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (São Paulo, SP). **NBR 10152 - Níveis de ruído para conforto acústico em ambientes diversos.** São Paulo, 1987. 16 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 7471 – Capacete de proteção para ocupantes de veículos automotores.** São Paulo. 1988. 20 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 6055 – Planos, linhas e pontos de referência para o posicionamento de ocupantes em veículos rodoviários.** São Paulo. 1989. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 6058 – Emprego do dispositivo bidimensional para posicionamento de ocupantes em veículos rodoviários.** São Paulo. 1989. 8p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 6059 – Emprego do dispositivo tridimensional para posicionamento de ocupantes em veículos rodoviários.** São Paulo. 1989. 8p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 5556 – Símbolos para identificação de controles, indicadores e luzes-piloto de veículos rodoviários.**

**rios e industriais, máquinas rodoviárias automotrizes e tratores agrícolas.** São Paulo, 1990. 30 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 11379 – Símbolos gráficos para máquinas agrícolas.** São Paulo. 1990. 13p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 11380 – Protetor de segurança para eixos cardas de tratores e implementos agrícolas – Ensaio de laboratório.** São Paulo. 1990. 9p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 5530 – Elaboração e aplicação da terminologia de veículos rodoviários e industriais, máquinas rodoviárias, tratores agrícolas e similares.** São Paulo. 1992. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 6056 – Posicionamento do lugar geométrico dos olhos do condutor em relação ao veículo rodoviário.** São Paulo. 1992. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 6060 – Lugar geométrico dos olhos do condutor em veículos rodoviários automotores – Dimensões.** São Paulo. 1992. 7p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 6404 – Dimensões normalizadas.** São Paulo. 1992. 2p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 12319 – Medição da vibração transmitida ao operador – Tratores agrícolas de rodas e máquinas agrícolas.** São Paulo. 1992. 13p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 12541 – Aplicação de defensivos agrícolas.** São Paulo. 1992. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 12543 – Equipamentos de proteção respiratória.** São Paulo. 1992. 7p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 7811 – Tratores agrícolas – Características e posição da barra de tração.** São Paulo. 1993. 3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 12517 – Símbolos gráficos para projetos de controle de acesso físico.** São Paulo. 1993. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 12937 – Máquinas e implementos aplicadores de defensivos agrícolas.** São Paulo. 1993. 2p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 8566 – Tratores agrícolas – Engate traseiro de três pontos – Dimensões.** São Paulo. 1994. 8p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 5462 – Confiabilidade e manutenibilidade - Terminologia.** São Paulo, 1994. 37 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR ISO 4254-1 – Tratores e máquinas agrícolas e florestais – Recursos técnicos para garantir a segurança – Parte 1 - Geral.** São Paulo, 1999. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR ISO 4252 – Tratores agrícolas – Local de trabalho do operador, acesso e saída - Dimensões.** São Paulo, 2000. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR ISO 4254-3 – Tratores e máquinas agrícolas e florestais – Recursos técnicos para garantir a segurança – Parte 3 - Tratores.** São Paulo, 2000. 5 p.

BACK, N. **Metodologia de Projeto de Produtos Industriais.** Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Dois, 1983. 389 p.

BACK, N. & FORCELLINI, F. A. **Projeto de produtos.** 1997. Apostila (EMC 6605) – CTC-EMC, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. n.p.

BARNETT, R.L. The principle of uniform safety. **Safety Engineering and Risk Analysis.** ASME, 1994. v. 2, p. 141 – 147.

BARONE, S.; CULLA, C.; VEZZANI, M. Safety management in machinery design by CAD-PDM integrations. In: INTERNATIONAL DESIGN CONFERENCE – DESIGN 2000, Dubrovnik, 23 to 26 may, 2000. **Annals...** Dubrovnik, p. 15-22.

BRASIL. Decreto n. 1255, de 29 de setembro de 1994. Promulga a Convenção n. 119 da Organização Internacional do Trabalho sobre Proteção das Máquinas, concluída em Genebra, em 25 de junho de 1963. **Lex – Coletânea de legislação e Jurisprudência: legislação federal e marginalia**, São Paulo, v. 58, p. 1271 – 1277, jul./set. 1994.

BRODBECK, F.C.; ZAPF, D.; PRUMPER, J.; FRESE, M. Error handling in office work with computers: a field study. **Journal of Occupational and Organizational Psychology**. 1993. n. 66, p 303-317. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/dsw>>. Acesso em: 12 mar. 2003.

BUTIERRES, E. Normalização de adesivos de segurança para uso em máquinas agrícolas. In: WORKSHOP SOBRE MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA NA REGIÃO DE CLIMA TEMPERADO, 2, 1996, Pelotas. Pelotas: UFPEL/FAEM, EMBRAPA/CPACT, UFSM/CT, 1996. p. 131-133. Editado por Antônio Lilles Tavares Machado, Airton dos Santos Alonço e Arno Udo Dallmeyer.

CARPES JÚNIOR, W. P. **Análise da segurança humana para desenvolvimento de produtos mais seguros**. Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina, 2001. 251 p. Tese de Doutorado em Eng. de Produção.

CARRAFA, W. M. **Desenvolvimento de uma máquina transplantadora para pequenas propriedades rurais utilizando uma abordagem de projeto de sistemas modulares**. Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina, 2002. 221 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica.

COMPANHIA BRASILEIRA DE TRATORES. **Medidas de segurança**. São Carlos, s.d. 26 p.

CORRÊA, I.M.; RAMOS, H.H. **Acidentes rurais**. Revista Cultivar Máquinas. Pelotas: Ceres, ano 3, n. 16, p.24-25. jan./fev. 2003.

DALLMEYER, A. U. **Desafios da automação em máquinas agrícolas.** In: WORKSHOP SOBRE MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA NA REGIÃO DE CLIMA TEMPERADO, 2., 1996, Pelotas. Pelotas: UFPel, EMBRAPA, UFSM, 1997. p. 53-61. Editado por Antônio Lilles Tavares Machado, Airton dos Santos Alonço e Arno Udo Dallmeyer.

DIAS, A. **Metodologia para Análise da Confiabilidade em Freios Pneumáticos Automotivos.** Campinas. UNICAMP, 1996. 199 p. Tese de Doutorado em Eng. Mecânica.

DIAS, A. Florianópolis: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA/NEDIP, 2003. ?Comunicação pessoal?.

DORMANN, T.; FRESE, M. Error training: replication and the function of exploratory feedback. **International Journal of Human Computer Studies.** 1994. v. 6, p.365-372. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/dsw>>. Acesso em: 12 mar. 2003.

DUL, J. & WEERDMEESTER, B. **Ergonomia prática.** São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1995. 147 p.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (Brussels). **EN 292-1 – Safety of machinery – Basic concepts, general principles for design – Part 1: Basic terminology, methodology.** Brussels, 1991. 37 p.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (Brussels). **EN 292-2 – Safety of machinery – Basic concepts, general principles for design – Part 2: Technical principles and specifications.** Brussels, 1991. 59 p.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (Brussels). **EN 1152 – Tractors and machinery for agriculture and forestry – Guards for power take-off (PTO) drive shafts – Wear and strength tests .** Brussels, 1994. 13 p.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (Brussels). **EN 614-1 - Safety of machinery – Ergonomic design principles – Part 1: Terminology and general principles,** 1995. n.p.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (Brussels). **EN 632 – Agricultural**

**machinery – Combine harvesters and forage harvesters – Safety** . Brussels, 1995. 23 p.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (Brussels). **EN 547 – 1 – Safety of machinery – Human body measurements – Part 1: Principles for determining the dimensions required for openings for whole body access into machinery**, 1996. n.p.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (Brussels). **EN 547 – 2 – Safety of machinery – Human body measurements – Part 2: Principles for determining the dimensions required for access openings**, 1996. n.p.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (Brussels). **EN 547 – 3 – Safety of machinery – Human body measurements – Part 3: Anthropometric data**, 1996. n.p.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (Brussels). **BS EN 1553 – Agricultural machinery – Agricultural self-propelled mounted, semi-mounted and trailed machines – Common safety requirements**. Brussels, 2000. 38 p.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (Brussels). **DRAFT prEN 12965 – Tractors and machinery for agriculture and forestry – Power take-off (PTO) drive shafts and their guards for – Safety**. Brussels, 2000. 22 p.

FERNANDES, F.; LUFT, C.P.; GUIMARÃES, F.M. **Dicionário Brasileiro Globo**. 30<sup>a</sup> Ed., São Paulo:GLOBO, 1993. 720 p.

FIALHO, F.A.P. **Uma Introdução à Engenharia do Conhecimento**. Caderno Didático. Florianópolis: UFSC/PPGEP, s.ed., n.p., 2000.

FONSECA, A. J. H. **Sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e sua implementação computacional**. Florianópolis, 2000. 180 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

FRESE, M., Error management or error prevention: two strategies to deal with errors in software design. In: BULLINGER, H.J. (Ed.), **Human Aspects in Computing: Design and**

**Use of Interactive Systems.** Elsevier, Amsterdam, 1991.p. 776-782. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/dsw>>. Acesso em: 9 abr. 2003.

FUTEMA, F. Acidentes de trabalho provocaram a morte de 3.605 em 2000. **Folha de São Paulo.** São Paulo, 11 abr. 2001. Disponível em: <<http://www.folha.com.br>> Acesso em: 11 abr. 2001.

FUTEMA, F. Brasil gasta R\$ 20 bi por ano em acidentes de trabalho. **Folha de São Paulo.** São Paulo, 11 abr. 2001. Disponível em: <<http://www.folha.com.br>> Acesso em: 11 abr. 2001.

FUTEMA, F. Gastos com benefícios acidentários aumentam 113,66% em 5 anos. **Folha de São Paulo.** São Paulo, 11 abr. 2001. Disponível em: <<http://www.folha.com.br>> Acesso em: 11 abr. 2001.

GIBBINGS, J.C. **The Systematic Experiment.** Cambridge: Cambridge University Press, 1986. 320 p.

HAMMER, W. **Product safety management and engineering.** 2 ed. United States of America: Library of Congress, 1993. 311 p.

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE. **Fatal injuries in farming, forestry and horticulture 1999/2000.** Stoneleigh, 2000. 63 p. Disponível em: <<http://www.hse.gov.uk/agriculture/index.htm>>. Acesso em 15 nov. 2002.

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE. **Fatal injuries in farming, forestry and horticulture 2000/2001.** Stoneleigh, 2001. 61 p. Disponível em: <<http://www.hse.gov.uk/agriculture/index.htm>>. Acesso em 15 nov. 2002.

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE. **Fatal injuries in farming, forestry and horticulture 2001/2002.** Stoneleigh, 2002. 67 p. Disponível em: <<http://www.hse.gov.uk/agriculture/index.htm>>. Acesso em 15 nov. 2002.

HOLLNAGEL, E. The Reliability of Man-Machine Interaction. **Reliability Engineering and System Safety,** England, v. 38, p. 81-89, 1992.

HUBKA, V. ; EDER, E. W. **Design science: Introduction to needs, scope and organization of engineering design knowledge**. 2. ed. Great Britain : Springer-Verlag London Limited, 1996. 251 p.

IIDA, I. **Ergonomia: Projeto e produção**. 2 ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda. 1993. 465 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE – Brasília, DF). **Censo demográfico 2000 – População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os grupos de idade – Brasil**. Brasília, 2000. 3 p. Disponível em: <http://www1.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/default.shtm>. Acesso em: 24 mar. 2003.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (Geneva). **ISO 5008 Agricultural wheeled tractors and field machinery – Measurement of whole-body vibration of the operator**. Geneva, 1979. 11 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (Geneva). **ISO 5007 Agricultural wheeled tractors – Operator seat – Measurement of transmitted vibration**. Geneva, 1980. 29 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (Geneva). **ISO 3789-1 – Tractors and machinery for agriculture and forestry, powered lawn and garden equipment – Location and method of operation of operator controls - part 1: Common controls**. Geneva, 1982. 4 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (Geneva). **ISO 3789-2 – Tractors and machinery for agriculture and forestry, powered lawn and garden equipment – Location and method of operation of operator controls - part 2: Controls for agricultural tractors and machinery**. Geneva, 1982. 7 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (Geneva). **ISO 3789-3 – Tractors and machinery for agriculture and forestry, powered lawn and garden equipment – Location and method of operation of operator controls - part 3: Controls for powered lawn and garden equipment**. Geneva, 1982. 6 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (Geneva). **ISO 5131 Acoustics – Tractors and machinery for agriculture and forestry – Measurement of noise at the operator’s position – Survey method.** Geneva, 1982. 8 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (Geneva). **ISO 4254-5 – first edition – Tractors and machinery for agriculture and forestry – Technical means for ensuring safety – part 5: power-driven soil-working equipment.** Geneva, 1992. 2 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (Geneva). **ISO 4254-9 first edition – Tractors and machinery for agriculture and forestry – Technical means for ensuring safety – part 9: equipment for sowing, planting and distributing fertilizers.** Geneva, 1992. 4 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (Geneva). **ISO 11684 – first edition – Tractors, machinery for agriculture and forestry, powered lawn and garden equipment – Safety signs and hazard pictorials – General principles.** Geneva, 1995. 52 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (Geneva). **ISO 3600 – third edition – Tractors, machinery for agriculture and forestry, powered lawn and garden equipment – Operator’s manuals – Content and presentation.** Geneva, 1996. 17 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (Geneva). **ISO 4254-6 – first edition – Tractors and machinery for agriculture and forestry – Technical means for ensuring safety – part 6: equipment for crop protection.** Geneva, 1996. 3 p.

KERVILL, G. **Product Safety: Safety, Product Safety, Directives and Standards.** Disponível em: <<http://www.Emc-journal.co.uk/archive1/980121.html>> . Acesso em: 22 de abril de 2003.

KONTOGIANNIS, T. User strategies in recovering from errors in man-machine systems. **Safety Science.** 1999. v. 32, p. 49 – 68. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/dsw>>. Acesso em: 10 jan. 2003.

LEWIS, C.; NORMAN, D.A. Designing for error. In: NORMAN, D.; DRAPER, S. (Eds.), **User Centered System Design**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates. 1986. p. 411-432.

LIMA, F. de P. A. **Contribuição à análise da insegurança no trabalho e ao projeto de máquinas mais seguras**. Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina, 1985. 181 p. Dissertação de mestrado em Eng. Mecânica.

MACHADO NETO, V. **Metodologia para garantia da confiabilidade no desenvolvimento de produtos mecatrônicos**. Florianópolis, 2002. 239 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

MAIN, B.W. Safer by design. **Machine Design**. September 1996. p. 103 – 107.

MAIN, B.W.; WARD, A.C. What do design engineers really know about safety? USA: **Mechanical Engineering**. August 1992. p. 44 – 51.

MARIBONDO, J. de F. **Desenvolvimento de uma metodologia de projeto de sistemas modulares, aplicada a unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares**. Florianópolis, 2000. 277 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

MÁRQUES, L. **Ergonomia e Segurança no Projeto de Máquinas Agrícolas**. Caderno Didático. NEMA, DER, CCR, UFSM/ NAFA, DFPM, CT, UFSM. 1997. 161p.

MÁRQUES, L. **Ergonomia e Segurança no Projeto de Máquinas Agrícolas**. Caderno Didático. NEMA, DER, CCR, UFSM. v. 1. 1999. 256 p.

MÁRQUEZ, L. & SCHLOSSER, J.F. União Européia é o Modelo. **Revista Cultivar Máquinas**. Pelotas: Ceres, ano 1, n. 1, p. 16-19. Jan./ Fev. 2001.

MAZETTO, G. M. **Desenvolvimento de um sistema modular para mecanização agrícola conservacionista em pequenas propriedades**. Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina. 2000. 92 p. Dissertação de Mestrado em Eng. Mecânica.

McMAHON, C.A.; COOKE, J.A.; COLEMAN, P. A classification of errors in design. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN – ICED 97, Tampere, 19-21 august 1997. **Annals...** Tampere.v. 3, p. 119 – 124. Ed. A. Riitahuhta.

MIRSHAWKA, V. & MIRSHAWKA JÚNIOR, V. **QFD A vez do Brasil**. São Paulo: Editora McGraw-Hill Ltda, 1994. 188 p.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA) **Pegasus design Safety Requirements**. Houston: Disponível em: <<http://www.arioch.gsfc.nasa.gov/302/safety/TD0005B.pdf>> . Acesso em: 22 de abril de 2003. (a)

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA) **System Safety Guidelines for Hazard Identification and Control**. Houston: Disponível em: <<http://www.arioch.gsfc.nasa.gov/302/safety/course/quickpha.htm>> . Acesso em: 22 de abril de 2003. (b)

NORMA REGULAMENTADORA Nº 12 (NR – 12) – **Máquinas e equipamentos**. Ministério do Trabalho e Emprego. Disponível em: < <http://www.sobes.org.br/nrs.htm>>. Acesso em: 20 ago. 2002.

NORMA REGULAMENTADORA Nº 17 (NR – 17) – **Ergonomia**. Ministério do Trabalho e Emprego. Disponível em: < <http://www.sobes.org.br/nrs.htm>>. Acesso em: 20 ago. 2002.

OGLIARI, A. **Sistematização da concepção de produtos auxiliada por computador com aplicações no domínio de componentes de plástico injetados**. Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina, 1999. 349 p. Tese de Doutorado em Eng. Mecânica.

PAHL, G. ; BEITZ, W. **Engineering design: a systematic approach**. - 2. ed. Great Britain : Springer-Verlag London Limited, 1996. 544 p.

PIGHINI, U. A design procedure for the safety of mechanical systems. In: INTERNATIONAL DESIGN CONFERENCE – DESIGN 2000, Dubrovnik, 23 to 26 may, 2000. **Annals...** Dubrovnik, p. 241-246.

PIGHINI, U.; FARGNOLI, M.; GERACI, D. A design procedure for safety of mechanical systems. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN, 13, Glasgow, 21-23 august 2001. **Anais...** Glasgow: University of Bristol, 1 CD-ROM.

PINKER, S. **Como a Mente Funciona**. São Paulo: Companhia das Letras, 1998. 666 p.

REIS, Â. V. dos Florianópolis: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA/NEDIP, 2001. ?Comunicação pessoal?.

REUNANEN, M. Systematic safety analysis methods in product design. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN – ICED 93, The Hague, 17-19 august 1993. **Annals...** The Hague. v. 2, p. 1174 – 1181. Ed. N.F.M. Roozenburg.

REVISTA PROTEÇÃO: **Conta cara**, Novo Hamburgo: MPF Publicações Ltda, jul./1999, n. 91 – mensal. p.26 – 34.

REVISTA PROTEÇÃO: **Nova proposta para o campo**, Novo Hamburgo: MPF Publicações Ltda, jul./2001, n. 115 – mensal. p.86 – 96.

REVISTA PROTEÇÃO. **CD-ROM Proteção**. O campo pede socorro. Novo Hamburgo: MPF Publicações Ltda. v. 2, Jul. 2001. 1 CD-ROM.

ROMANO, L. N. **Uma proposta de modelo de referência para o gerenciamento do processo de desenvolvimento do produto: aplicações na indústria brasileira de máquinas agrícolas**. Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina, 2000. 123 p. Proposta de Tese de Doutorado em Eng. Mecânica para Exame de Qualificação.

SAKURADA, E. Y. **As técnicas de análise dos modos de falhas e seus efeitos e análise da árvore de falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtos**. Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina. 2001. 124 p. Dissertação de Mestrado em Eng. Mecânica.

SANTOS, N. dos & FIALHO, F.A.P. **Manual de análise ergonômica do trabalho**. 2 ed. Curitiba: GÊNESIS, 1997. 316 p.

SCHLOSSER, J.F. **Cabinas de tratores**. Revista Cultivar Máquinas. Pelotas: Ceres, ano 2, n.

13, p. 20-25. Jul./Ago. 2002. (a)

SCHLOSSER, J.F. **Treinamento diminui acidentes**. Revista Campo Aberto. Canoas: AGCO do Brasil, ano 15, n. 70, p. 28. 6<sup>o</sup> bimestre de 2002.(b)

SCHOONE-HARMSSEN, M. A design method for product safety. **Ergonomics**. v. 33, n. 4. p. 431 – 437. 1990.

SELL, I. A contribuição da ergonomia na segurança do trabalho. Ministério do Trabalho e Previdência Social. Fundacentro: **Rev. Bras. De Saúde Ocupacional**. v. 18, n. 70, 1990. p. 44 49.

STOOP, J.A. Towards a safety integrated projeto method. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN – ICED 93, The Hague, 17-19 august 1993. **Annals...** The Hague. v. 2, p. 1165 – 1173. Ed. N.F.M. Roozenburg.

ULLMAN, D.G. **The mechanical design process**. Singapore : McGraw-Hill Book Co., 1992. 337 p.

VALENÇA, M. A. Joinville: HOSPITAL MUNICIPAL SÃO JOSÉ, 2000. ? Comunicação pessoal?.

VAN AKEN, D. Consumer products: hazard analysis, standardization and (re) design. Netherlands: **Safety Science**. 1997. v. 26, n. 1/2. p. 87 – 94.

WEINSTEIN, A.S. Reducing risk in product liability: common sense returns to product-liability laws. **Machine Design**. May 1997. p. 95 – 98.

ZAPF, D.; REASON, J. Human error and error handling. **Applied Psychology: An International Review**. 1994. v. 43, n. 4. p. 427-432. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/dsw>>. Acesso em: 10 jan. 2003.