

JORGE LUIZ PASSOS ABDUCH DIAS

**INTEGRAÇÃO DA CONCEPÇÃO ERGONÔMICA DE MÁQUINAS
E EQUIPAMENTOS NA METODOLOGIA
DE PROJETO DE PRODUTOS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à
obtenção do grau de mestre em Engenharia de
Produção, área de concentração Gestão do Design e
do Produto, Universidade Federal de Santa Catarina.
Orientador: Prof. Miguel Fiod Neto, Dr.

Florianópolis

2000

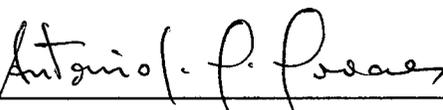
JORGE LUIZ PASSOS ABDUCH DIAS

**INTEGRAÇÃO DA CONCEPÇÃO ERGONÔMICA DE MÁQUINAS
E EQUIPAMENTOS NA METODOLOGIA
DE PROJETO DE PRODUTOS**

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do grau de

Mestre em Engenharia de Produção

Área de Gestão do Design e do Produto e aprovada em sua forma final pelo
Programa de Pós-Graduação

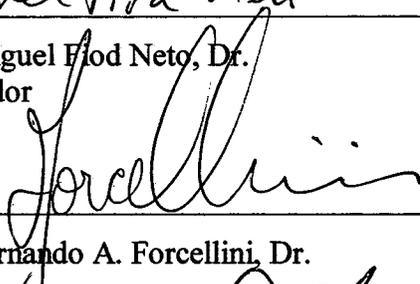


Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.
Coordenador do Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Produção

Banca Examinadora:



Prof. Miguel Flod Neto, Dr.
Orientador



Prof. Fernando A. Forcellini, Dr.



Prof. Neri dos Santos, Dr. Ing.

Florianópolis
2000

"Quem conscientemente quer não se intimidar, quaisquer que sejam os impasses e desalentos que surjam. Persiste e efetivamente consegue."

Autor desconhecido.

Dedico este trabalho a meus pais, irmão,
avô e namorada, que me apoiaram,
choraram e vibraram, dando-me todo seu
estímulo e paciência, nos momentos
difíceis e árduos pelos quais passei.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Orientador Miguel Fiod Neto, pelo apoio, paciência e compreensão dispensados na elaboração deste trabalho, o qual possibilitou o desenvolvimento e aprimoramento contínuo do mesmo;

À banca examinadora, Prof. Fernando Forcellini e Prof. Neri dos Santos, pela dedicação na análise e enriquecimento deste trabalho;

Ao Prof. Eugênio Merino, pelo apoio e incentivo ao trabalho;

Aos colegas Alvino Cesário da Silva Junior, Antônio Carlos Peixoto Bitencourt, Johnny Tsuneo Yamasaki e Wanilson Martin Carrafa, pela colaboração na aplicação prática da proposta deste trabalho;

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina e ao corpo docente do Departamento de Engenharia de Produção, pela troca de experiências e idéias que contribuíram para o aprimoramento profissional e pessoal;

À CAPES, pelo apoio financeiro;

Ao CEFET, em especial à Unidade de Pato Branco / PR, pelo apoio e oportunidade concedida nesta busca de aperfeiçoamento;

À direção, professores, funcionários, colegas e amigos do CEFET, pela motivação, incentivo e colaboração dedicados;

Aos meus familiares, primos, tios, em especial a meus pais, Paulo e Heloisa Helena, meu irmão Renato e meu avô Hamir, que sempre torceram pelo sucesso deste trabalho;

À Ana Andréia, pela compreensão e incentivo;

Aos meus grandes amigos, que me acompanharam vivamente nesse trabalho, compartilhando avanços e retrocessos, durante todo o seu desenvolvimento;

A todas as pessoas que de uma maneira ou de outra colaboraram na realização deste mestrado;

A Deus, por ter me acompanhado na execução deste trabalho.

SUMÁRIO

Lista de Figuras -----	viii
Lista de Tabelas -----	ix
Lista de Anexos -----	x
Resumo -----	xi
Abstract -----	xii
1. INTRODUÇÃO -----	1
1.1. Justificativa -----	2
1.2. Objetivos -----	5
1.3. Hipóteses -----	5
1.4. Estrutura da Dissertação -----	5
2. CONCEITUAÇÃO -----	7
2.1. Os Componentes Norteadores da Pesquisa -----	7
2.2. As Máquinas e os Equipamento de Trabalho -----	8
2.3. A Ergonomia -----	14
2.4. Metodologias de Desenvolvimento do Projeto -----	18
2.5. O Usuário / Operador -----	24
2.6. As Ferramentas de Projeto -----	26
2.7. Conclusão -----	27
3. AS FERRAMENTAS DE PROJETO -----	29
3.1. Normas Ergonômicas Regulamentadoras -----	29
3.2. Termo de Referência/Equipamentos -----	32
3.3. Desdobramento da Função Qualidade – Q.F.D. -----	33
3.4. Método Síntese Funcional -----	34
3.5. Lista de Verificação Ergonômica -----	35
3.6. Análise Ergonômica no Trabalho -----	42
3.7. Conclusão -----	42

4. O MÉTODO PROPOSTO	44
4.1. O Método Proposto	44
4.2. Detalhamento do Método	46
4.3. Conclusão	52
5. APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO	53
5.1. Apresentação do Produto	53
5.2. Proposta de Projeto	53
5.3. Esclarecimento da Tarefa	54
5.4. Projeto Conceitual.....	57
5.5. Projeto Preliminar	60
5.6. Projeto Detalhado	63
5.7. Conclusão	63
6. CONCLUSÕES	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
BIBLIOGRAFIA	71
ANEXOS	73
GLOSSÁRIO	83

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1. – Elementos norteadores da pesquisa -----	8
FIGURA 2.2. – Método para a realização da A.E.T. -----	17
FIGURA 2.3. – Fases do ciclo de vida do produto X custo -----	19
FIGURA 2.4. – Etapas do processo de desenvolvimento de produtos -----	20
FIGURA 2.5. – Esquema metodológico de Pahl & Beitz -----	22
FIGURA 3.1. – Registro da aplicação do questionário -----	35
FIGURA 3.2. – Lista de verificação ergonômica -----	36
FIGURA 4.1. – Estrutura do processo do projeto -----	45
FIGURA 5.1. - Função global da máquina moenda de cana -----	57

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1. - Estrutura da dissertação -----	6
TABELA 2.1. - Ferramentas do projeto e sua aplicação ao desenvolvimento ergonômico de projetos -----	27
TABELA 3.1. - Relação de normas ergonômicas I.S.O. -----	30
TABELA 4.1. - Detalhamento da estrutura do processo do projeto ergonômico de máquinas e equipamentos -----	47
TABELA 5.1. - Os clientes e a forma de contato para descoberta das necessidades do projeto -----	55
TABELA 5.2. - Resultados da ferramenta <i>lista de verificação ergonômica</i> aplicada à máquina moenda de cana -----	61

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. - Referente ao CAPÍTULO 5 , mais especificamente 5.3. Apresenta a sistematização ergonômica do sistema homem-máquina-tarefa -----	74
ANEXO 2. - Referente ao CAPÍTULO 5 , mais especificamente 5.3. Apresenta a primeira matriz do Q.F.D. dando destaque às necessidades/requisitos ergonômicos -----	75
ANEXO 3. - Referente ao CAPÍTULO 5 , mais especificamente 5.3. Apresenta as especificações gerais e ergonômicas do projeto da moenda de cana -----	76
ANEXO 4. - Referente ao CAPÍTULO 5 , mais especificamente 5.3. Apresenta as especificações dos sensores do projeto da moenda de cana -----	77
ANEXO 5. - Referente ao CAPÍTULO 5 , mais especificamente 5.4. Apresenta as estruturas ergonômicas funcionais alternativas -----	78
ANEXO 6. - Referente ao CAPÍTULO 5 , mais especificamente 5.4. Apresenta a estrutura ergonômica funcional selecionada -----	79
ANEXO 7. - Referente ao CAPÍTULO 5 , mais especificamente 5.4. Apresenta a matriz morfológica destacando os princípios de solução ergonômicos selecionados -----	80
ANEXO 8. - Referente ao CAPÍTULO 5 , mais especificamente 5.4. Apresenta a perspectiva externa do conceito ergonômico da máquina moenda de cana -----	81
ANEXO 9. - Referente ao CAPÍTULO 5 , mais especificamente 5.4. Apresenta perspectivas internas do conceito ergonômico da máquina moenda de cana -----	82

RESUMO

O uso da ergonomia no desenvolvimento do projeto de produtos se faz cada vez mais necessário, uma vez que se trata de uma disciplina na qual o homem é o centro das atenções. Assim, este trabalho apresenta uma proposta (embasada em metodologias de projeto importantes) que oriente e auxilie engenheiros e projetistas no desenvolvimento (ou aperfeiçoamento) do projeto ergonômico de máquinas e equipamentos, baseada na utilização da ergonomia como metodologia de concepção. Promove a difusão dos conhecimentos básicos da ergonomia àqueles diretamente envolvidos com o projeto, permitindo também que fatores como adequação à fabricação, confiabilidade, montagem, manutenção, transporte, segurança contra falhas, tolerâncias, entre outros, elementos importantes na avaliação do projeto, sejam aplicados, já que a máquina ou o equipamento de trabalho não devem ser projetados levando-se em conta somente critérios ergonômicos.

Neste sentido, procuram-se evidenciar as contribuições desta proposta tanto para a ergonomia quanto para as metodologias de desenvolvimento de projeto e para os usuários de máquinas e equipamentos.

Com o intuito de aplicar e validar o método proposto, desenvolveu-se o projeto de um produto ergonômico, tendo como ponto de partida a existência de necessidades de operadores e usuários desse produto.

ABSTRACT

The use of ergonomics in product design development is necessary, since ergonomics is a matter in which the man is focused. Thus, this work shows a proposal (based in important design methodologies) which guides and aids the engineers and designers on the ergonomic design development (or improvement) of machines and equipments, based on the use of the ergonomics as a conception methodology. It promotes the diffusion of the ergonomics basic knowledge to those directly involved with the design, also allowing that factors as adaptation to the production, reliability, assembly, maintenance, transport, security against failures, tolerances, among other, important elements in the evaluation of the design, be applied, because of a machine or equipment shouldn't be projected with only ergonomic approaches.

In this way, it is tried to see the contributions of this proposal as for ergonomics as for design development methodologies and for users of machines and equipments.

With the aim of applying and validating the proposed method, it was developed the design of an ergonomic product, having as the start point the necessities of operators and users of this product.

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

" Projetar é idealizar algo para satisfazer da melhor maneira possível uma necessidade.

... O projeto é predominantemente uma atividade intelectual, um processo sobretudo criativo. Idealizar algo com existência real, seja um objeto material, como um bem, seja algo imaterial, como um serviço. A idealização de algo que não possa vir a existir não será um projeto, mas sim um sonho ou uma utopia.

...

Projetar deve também ser visto como uma atividade de otimização. Busca-se a melhor solução possível sob as restrições de projeto e dentro das limitações de recursos materiais e de conhecimento. (FERREIRA *et al* [1996]).

Muitos equipamentos utilizados pelo homem apresentam as características do atendimento das exigências relativas ao conforto, segurança e eficácia, além da qualidade, longe de serem atingidas. Acredita-se que os motivos que levam à ocorrência desses problemas é a falta de gerenciamento ergonômico adequado do processo do desenvolvimento do projeto, que não leva em consideração, além das condições sócio-técnicas, os usuários ou operadores em potencial e suas características fisiológicas e psicológicas.

PEDROSO [1998] comenta que a necessidade de gerar produtos de acordo com as expectativas do usuário é premissa básica no seu processo de desenvolvimento. Nesta visão, os projetistas são cada vez mais orientados na pesquisa das necessidades e características dos usuários. Cada vez mais o usuário aumenta seu grau de exigência com relação à satisfação e à ergonomia. Neste sentido, a ergonomia constitui uma base de informação privilegiada por seus métodos de análise.

Com a economia globalizada, uma visão mais ampla deve ser adotada no projeto das máquinas e equipamentos destinados aos usuários/operadores. A globalização traz consigo exigência maior no conhecimento de informações sobre o perfil do usuário. A aceleração dos ciclos de desenvolvimento, outra realidade presente com a globalização, indica a necessidade da criação de novos caminhos para reconciliar inovação com o ritmo mais acelerado e ágil exigido pelo mercado.

Somente um projeto que esteja adaptado às potencialidades e limitações da indústria e que simultaneamente atenda às necessidades dos usuários/operadores poderá resultar num produto de valor, sustentável.

1.1. Justificativa

Máquinas e equipamentos de trabalho são projetados, fabricados e comercializados até serem utilizados por seus potenciais usuários/operadores. Essa transferência de tecnologia está cada vez mais presente nos nossos dias e muitas vezes ocorre de maneira inadequada, não satisfazendo às exigências do mercado. São muitos os casos encontrados na literatura que descrevem a insatisfação com os produtos adquiridos, principalmente no aspecto tocante à ergonomia. Esse efeito está agora enaltecido com o fenômeno da *globalização da economia*.

PEREIRA & GOMEZ [1998] ressaltam que o desenvolvimento dos projetos deve sempre se preocupar em preservar a individualidade das comunidades. Segundo esses autores, cada povo tem suas especificidades, sua cultura, seus aspectos religiosos e suas necessidades específicas e com a globalização, esquece-se de que as comunidades estão comprando e usando seus produtos. Essas questões e fatores são elementos importantes para a realização do projeto e seu conseqüente sucesso. Assim, um diferencial no produto poderá ser obtido, trazendo, além de benefícios econômicos, uma boa imagem à empresa que o projeta e fabrica.

No Brasil, realizando breve análise histórica, podem-se encontrar momentos de atrelamento tecnológico, trazendo com isso efeitos como a falta de personalidade própria no projeto de produtos bem como a utilização de máquinas e equipamentos inadequados a essa realidade.

GUIMARÃES [1998] descreve que no início dos anos 70, período conhecido por *milagre econômico*, houve tentativa de desatrelamento do capital estrangeiro com a publicação do Plano Nacional de Desenvolvimento (P.N.D.), destacando a importância do planejamento que garantia a eficiência e a rentabilidade da economia. Entretanto, houve aumentos de investimentos estrangeiros no Brasil à custa de grandes endividamentos e, conseqüentemente, efetivou-se novamente um período de dependência, aumentando em muitas vezes a dívida externa brasileira.

Foram então criadas, segundo GUIMARÃES [1998], soluções na busca por personalidade própria no desenvolvimento do projetos de produtos, e que perduram até hoje, como a criação de cursos de Desenho Industrial. O surgimento da *engenharia simultânea* também auxiliou nesse processo, pois além de prever colaboração entre *designers*, engenheiros, *marketing* e pessoas envolvidas no desenvolvimento do

produto, também prevê colaboração entre empresas, associações de empresas locais com empresas globais. Assim, com o domínio da tecnologia pelas grandes empresas globais associado com a cooperação dos conhecimentos regionais, pode-se gerar bons produtos e serviços, criando uma boa imagem para a empresa.

Procurando focalizar os efeitos inadequados da transferência de tecnologia no desenvolvimento do projeto de máquinas e equipamentos, foi desenvolvida uma proposta, envolvendo a ergonomia e o uso de algumas ferramentas elaboradas para projeto de produtos, auxiliando na redução de problemas ergonômicos encontrados em equipamentos projetados, fabricados e utilizados por usuários/operadores e que, muitas vezes, mostram-se ineficientes e ineficazes para uma determinada população.

Entretanto, a implantação da ergonomia no projeto de máquinas e equipamentos não deve se restringir ao uso de tabelas e dimensões, pois conforme verificado na literatura específica, a melhoria do desempenho industrial advém de total cooperação das pessoas envolvidas. É importante envolver usuários e operadores no desenvolvimento de novas formas e condições de trabalho, onde estas recebem informações sobre o significado e a serventia do estudo que se realiza.

A metodologia utilizada para a confecção desta dissertação permitiu a realização de uma pesquisa qualitativa metodológica, segundo autores encontrados na literatura.

No presente trabalho, contemplaram-se os fatores técnicos/humanos no desenvolvimento e aperfeiçoamento do projeto ergonômico de máquinas e equipamentos. Por outro lado, aspectos ambientais, geográficos, sociais, econômicos também fazem parte deste processo e devem ser considerados na elaboração de métodos para sua aplicação. Da mesma forma, as exigências cognitivas, a capacitação do usuário e a organização do trabalho também devem ser consideradas para o êxito do projeto. Em SANTOS *et al* [1997b], pode-se encontrar informações sobre a capacitação do usuário e a organização do trabalho. Em VERGARA [1995], pode-se encontrar informações relacionadas à Ergonomia Cognitiva, que permite analisar os processos cognitivos do usuário/operador (por exemplo, a representação mental, o aprendizado, as estratégias utilizadas, a memorização, etc.) desenvolvidos para a realização de uma tarefa.

Assim, pode-se elaborar o seguinte problema de pesquisa em forma de pergunta:

“ A integração da concepção ergonômica de máquinas e equipamentos à metodologia de projeto de produtos permitirá o gerenciamento ergonômico do processo do projeto para resolver problemas ergonômicos desses produtos causados por uma transferência de tecnologia inadequada? ”

Os resultados obtidos com esta dissertação contribuem com:

- ❑ quem utiliza os benefícios ou se utiliza dos benefícios oriundos de máquinas ou equipamentos;
- ❑ o inter-relacionamento das pessoas envolvidas no projeto;
- ❑ a disseminação de informações ergonômicas à equipe do projeto, permitindo que cada especialidade envolvida tome suas decisões condizentes com pressupostos ergonômicos. Auxilia na busca por soluções em campos de domínio desconhecido;
- ❑ a elaboração de uma proposta que especifique claramente “o que” fazer e “o como” fazer, contrapondo-se a algumas propostas de projeto existentes que enfatizam apenas “o que” fazer;
- ❑ a elaboração de uma proposta, utilizando-se de ferramentas de ergonomia e engenharia, permitindo que fatores como adequação à fabricação, confiabilidade, montagem, manutenção, transporte, segurança contra falhas, tolerâncias, entre outros sejam considerados no projeto;
- ❑ a ergonomia que, com o uso de ferramentas associadas a uma metodologia de projeto, permitirá que da *ergonomia de correção* (propondo recomendações para implantar modificações nos meios de trabalho existentes), chegue-se à ergonomia de concepção (concepção de processos de produção de bens e serviços), englobando elementos metodológicos de recomendações normativas, ferramentas ergonômicas e especificações para cada situação em particular; e com
- ❑ a ergonomia, através da elaboração da ferramenta *lista de verificação ergonômica* na língua portuguesa e específica ao projeto de máquinas, equipamentos e produtos.

1.2. Objetivos

Os objetivos desta dissertação são:

geral:

- promover a integração da concepção ergonômica de máquinas e equipamentos na metodologia de projeto de produtos;

específicos:

- analisar e adequar algumas ferramentas de projeto existentes ao desenvolvimento do projeto ergonômico de máquinas e equipamentos; e
- desenvolver uma proposta que, com a estruturação das ferramentas de projeto e a previsão de atividades ergonômicas, auxiliem na obtenção do conceito ergonômico de máquinas e equipamentos.

1.3. Hipóteses

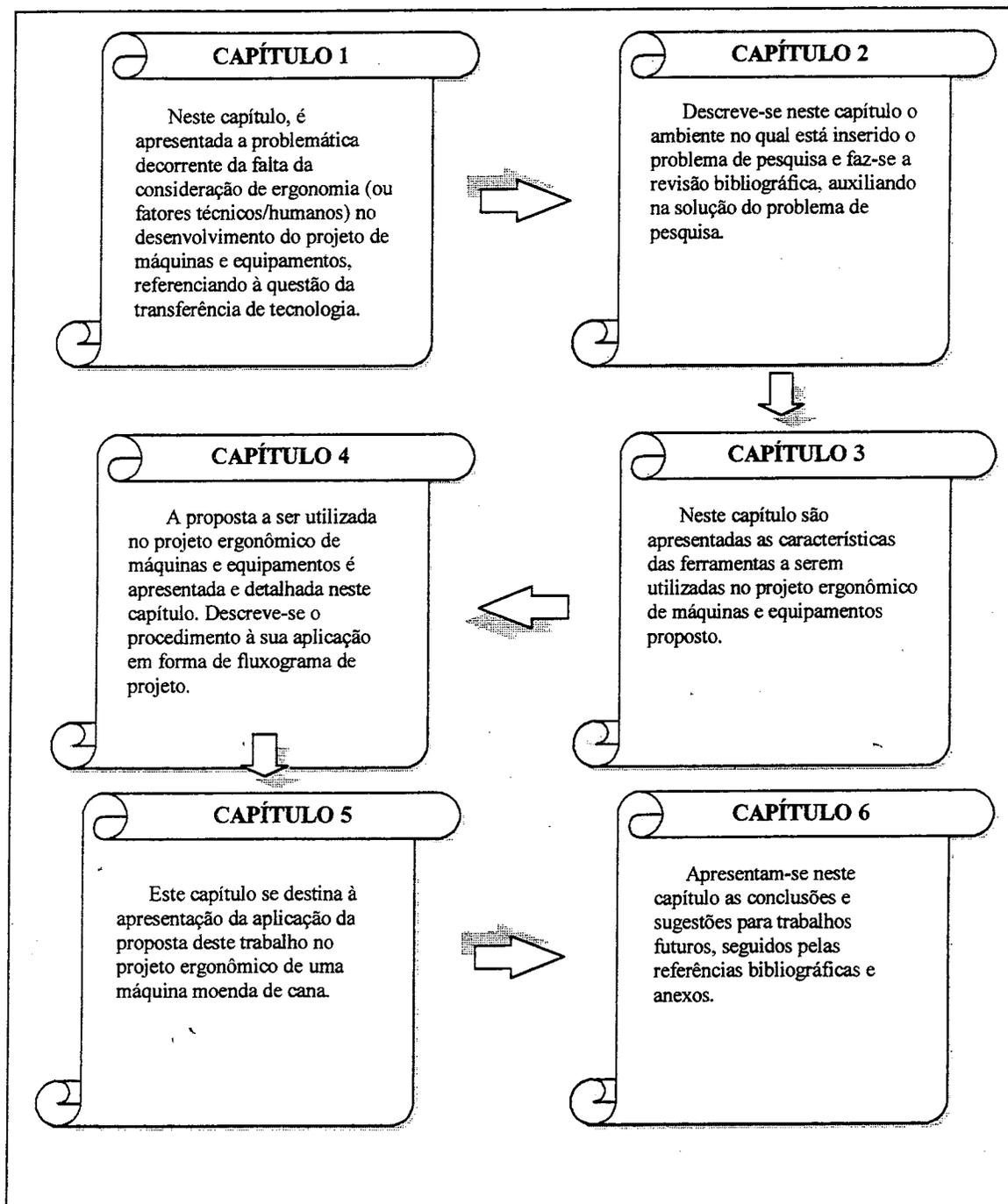
A proposta de trabalho desta dissertação apresenta as seguintes hipóteses:

- as ferramentas analisadas e adequadas poderão ser úteis ao desenvolvimento do projeto ergonômico de máquinas e equipamentos, informando aos projetistas e especialistas envolvidos na atividade aspectos ergonômicos que o produto deva possuir, auxiliando também nas tomadas de decisão; e
- a proposta para integração da concepção ergonômica de máquinas e equipamentos na metodologia de projeto de produtos poderá auxiliar na obtenção do conceito ergonômico de máquinas e equipamentos.

1.4. Estrutura da Dissertação

A dissertação apresenta os seguintes capítulos, estruturados conforme ilustra a TABELA 1.1:

TABELA 1.1. Estrutura da dissertação.



A seguir, apresenta-se o **CAPÍTULO 2** dessa dissertação contendo a descrição do ambiente norteador do trabalho, a revisão bibliográfica e breve descrição das ferramentas a serem utilizadas no processo do projeto ergonômico de máquinas e equipamentos.

CAPÍTULO 2. CONCEITUAÇÃO

A produtividade e a qualidade dos produtos são elementos norteadores do mercado e podem determinar o sucesso de um empreendimento. Quem se utiliza de um equipamento para sua atividade, ou o próprio empresário, detentor do empreendimento, necessitam cada vez mais de máquinas e equipamentos que lhes permitam atingir a produção industrial com qualidade.

Máquinas e equipamentos devem satisfazer as necessidades de seus usuários e operadores. Questões como segurança e conforto, associadas a condições sócio-técnicas e características fisiológicas e psicológicas dos operadores/usuários permitem a elaboração de um projeto com valor. A ergonomia, através de seus estudos sobre *transferência de tecnologia*, procura evidenciar problemas causados com a importação de tecnologias inadequadas, propondo, neste sentido, a preservação das características dos futuros operadores/usuários no desenvolvimento de projetos, e que a globalização não está preservando.

Assim, realizou-se neste capítulo a revisão bibliográfica a partir dos temas que norteiam este trabalho, com o intuito de subsidiar a solução proposta ao problema de pesquisa, que é o de integrar a obtenção da concepção ergonômica de máquinas e equipamentos na metodologia de projeto de produtos, num processo de transferência de tecnologia.

2.1. Os Componentes Norteadores da Pesquisa

A ergonomia, o usuário/operador e os métodos de desenvolvimento de projetos, agregados aos conceitos e paradigmas da Engenharia de Produção, perfazem o cenário do projeto ergonômico de máquinas e equipamentos. Pretende-se discuti-los através da realização da revisão bibliográfica, aproveitando também para elucidar de maneira mais concreta o problema de pesquisa desta dissertação.

Na FIGURA 2.1, apresentam-se os componentes que se correlacionam neste trabalho, salientando resumidamente como podem contribuir com o tema desta dissertação.

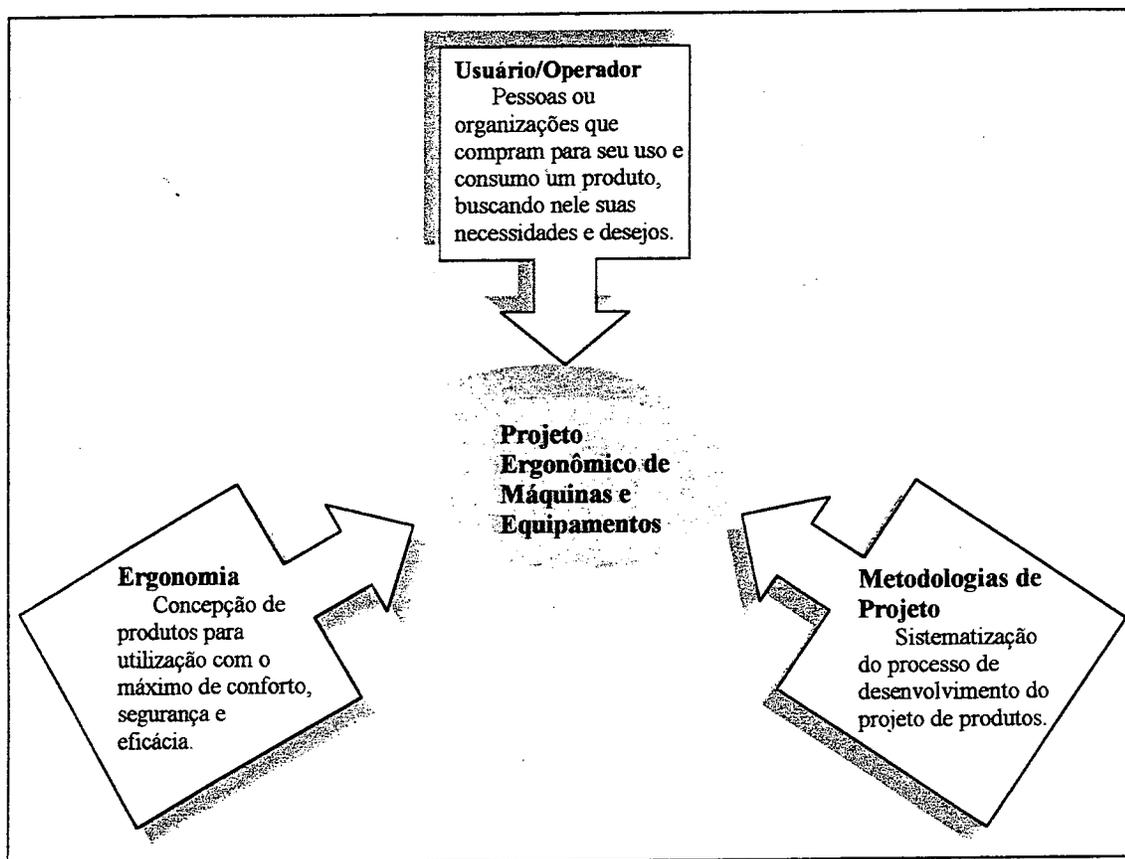


FIGURA 2.1. Elementos norteadores da pesquisa.

Nos próximos itens, descreve-se a atuação de cada um desses campos de estudo científicos.

2.2. As Máquinas e os Equipamentos de Trabalho

Na década de 70, a preocupação da indústria era produzir o produto fácil de fabricar. Com a transformação da estrutura industrial, a revolução tecnológica e logo depois a globalização, o foco do produto se deslocou para o mercado, onde passou a se preocupar com os anseios de quem seria o usuário do bem que se produzia. Iniciou-se assim um processo de geração de novos produtos onde máquinas e equipamentos utilizados por usuários, operadores ou indústrias passaram a merecer melhor atenção, até mesmo por questão de sobrevivência das empresas.

CORLETT [1987], em sua conferência *Ergonomia das Máquinas e Ambientes de Trabalho*, identificou que em geral, no trabalho, pessoas ficam frequentemente confinadas a pequena área, em posições pouco confortáveis, trabalhando em bancadas cuja altura é fixada para os equipamentos, sob circunstâncias

que as impedem de adotar posturas adequadas para desempenhar suas tarefas. Todos esses fatores limitam o desempenho e induzem ao desconforto e, em alguns casos, a doenças. Esses problemas acontecem porque, no planejamento do espaço e do equipamento a ser utilizado, muitas vezes levam-se em consideração somente os fatores técnicos, deixando-se de lado os fatores humanos. Por exemplo, no projeto de um determinado posto de trabalho, é preciso ter certeza de que o indivíduo terá bom campo visual para a realização de sua atividade, de que ele poderá manipular o que for necessário, de que a força e a energia dispendidas não vão além do recomendável, de que realizará suas atividades com variações posturais e de que essas posturas sejam adequadas, permitindo boas condições de trabalho e conseqüente produtividade.

MELLO [1988], em sua proposta de metodologia para desenvolvimento de produtos por empresários em potencial, apresenta estudo sobre critérios necessários à avaliação técnica do projeto desenvolvido, confirmando, entre eles, a necessidade de adequação dos produtos à ergonomia, onde o relacionamento homem-máquina-tarefa deve ser satisfeito na solução encontrada. Com isso, pode-se encontrar pontos fracos do produto ainda na fase do projeto.

Todavia, salienta-se o fato de que uma máquina ou equipamento não deve somente ser projetado levando-se em conta apenas critérios ergonômicos de projeto. Fatores como adequação à fabricação, confiabilidade, montagem, manutenção, transporte, segurança contra falhas, tolerâncias, entre outros, são elementos importantes na avaliação do desenvolvimento do projeto. Entretanto, propõe-se neste trabalho aprofundamento da adequação ergonômica, devendo-se no projeto atentar para a aplicação dos demais fatores que são estudados em conjunto com a equipe de projetistas.

SELL [1992] discute questões de segurança na proteção dos produtos industriais durante as etapas do desenvolvimento do projeto. Segurança é regra básica na concepção de produtos e instalações e engloba tanto a execução confiável das funções técnicas por parte do produto, como também a redução dos riscos para as pessoas e o meio ambiente.

Nesse artigo, a autora discute diversas medidas a serem adotadas no desenvolvimento do projeto e que devem ser aplicadas no início do planejamento do produto, *analisando as condições de uso e o ambiente em que o produto será utilizado*. Sugere a seguinte pergunta, a ser feita ao final da fase de concepção: **“Na(s) solução(ões) escolhida(s), as funções técnicas são executadas de forma segura e**

confiável?”. A autora ainda afirma que os projetistas têm a responsabilidade de oferecer produtos que atendam aos requisitos de segurança, permitindo à empresa produtora desse bem diferenciação do seu produto em relação à concorrência.

IIDA [1992] descreve que o objetivo da implantação da ergonomia no processo do desenvolvimento de projetos é para que máquinas, equipamentos e ambientes possam funcionar harmoniosamente com o homem, de modo que o desempenho dos mesmos seja adequado. Apresenta inúmeras informações necessárias ao projeto ergonômico de máquinas e equipamentos, contendo estudos de casos com máquinas agrícolas, tornos mecânicos e outros produtos industriais. As informações ergonômicas podem permitir à equipe responsável pelo projeto tomar conhecimento das especificidades ergonômicas compatíveis com a situação do projeto e desenvolvê-lo de maneira a adequar o produto a uma realidade. Descreve ainda IIDA [1992]:

“... Quando esses produtos se destinam à exportação, devem ser consideradas as diferentes características de cada população nos aspectos antropométricos, econômicos, culturais e legislações próprias, que podem influenciar o uso desses produtos. Assim, um produto adequado em um país pode ser bastante inadequado em outro, simplesmente porque nesse último não existem peças de reposição ou pessoas habilitadas para consertá-las... O caso fica mais grave ainda quando as máquinas e equipamentos são projetados para usuários masculinos e acabam sendo usados pelas mulheres, com evidentes problemas de adaptações antropométricas... (IIDA [1992])”.

A utilização de normas ergonômicas é outra atividade que deve compreender o processo do desenvolvimento do projeto de máquinas e equipamentos, subsidiando a equipe de projetistas em suas atividades. Entretanto, descreve IIDA [1992] que muitas normas estão desatualizadas, possuindo termos genéricos e ambíguos, com a necessidade de muitas transcrições verbais por desenhos ilustrativos.

ROMEIRO Filho & MAGALHÃES [1993] estudaram o caso de um equipamento agrícola que estava apresentando diversos problemas. Nesse estudo, demonstraram a necessidade da participação de ergonomistas no processo do projeto de máquinas e equipamentos, melhorando as interfaces entre o homem, a máquina e a tarefa. Salientam que o acréscimo aos custos do produto com a utilização de parâmetros ergonômicos na concepção são pequenos, quando comparados aos ganhos que se obtêm nas melhorias das condições de trabalho, dando ao produto forte diferenciação no mercado. Os autores, a partir das características problemáticas do equipamento agrícola, sugerem medidas a serem adotadas como recomendações ao processo do projeto desse produto e à própria organização do trabalho.

COBO [1994] analisa propostas para aplicação da ergonomia no processo do desenvolvimento de projetos. Propostas como as de *Sell, Gould e Lewis, empresas Philips e Siemens* são analisadas com rigor e posteriormente é feita análise crítica desses modelos. Nessas propostas, algumas acadêmicas, discutem-se formas de teste e avaliação de produtos, com enfoque à usabilidade do produto, permitindo dessa maneira a redução de problemas em produtos quando esse se encontra em fase de projeto.

As propostas apresentadas em COBO [1994] visam ao desenvolvimento de produtos de maneira geral. Porém, nota-se que, adaptadas, serão úteis para o caso específico do projeto ergonômico de máquinas e equipamentos.

JEGERLEHNER [1995] apresenta em artigo o resultado da aplicação da ergonomia na readaptação de máquinas e equipamentos utilizados na fabricação de motores diesel e equipamentos industriais. O objetivo era a redução dos problemas de saúde que os operadores estavam apresentando, em função das posturas adotadas, bem como com a aplicação de força e a intensa repetição da tarefa. Ferramentas e equipamentos existentes tiveram de ser readaptados, através da aplicação de fatores humanos e necessidades dos operadores, melhorando com isto os problemas que enfrentavam. Além disto, foi adotado como solução a contratação de um grupo de ergonomistas com o objetivo de manter análise ergonômica contínua, aplicando os conhecimentos da ergonomia na solução dos problemas.

A aplicação da ergonomia neste caso não pode ser vista como panacéia para os problemas de produtividade de uma empresa. É necessário implementar tais abordagens e procedimentos de forma criteriosa, envolvendo principalmente os trabalhadores na realização de mudanças ergonômicas.

CAINE & CAINE [1995] também utilizaram-se da ergonomia na solução de problemas. Neste estudo de caso (montagem de motores e equipamentos), é ilustrado exemplo de como a ergonomia e suas recomendações podem descobrir barreiras para se obter uma melhor situação de trabalho. Novamente, como no caso anterior, a solução ergonômica encontrada foi a readaptação das ferramentas de trabalho bem como os equipamentos disponíveis.

Outro estudo ergonômico menciona uma companhia fabricante de máquinas e equipamentos agrícolas, descrito em CTD NEWS [1995].

Algumas soluções ergonômicas encontradas aos problemas que surgiram foram:

- análises freqüentes de publicações e pesquisas em ergonomia;

- ❑ revisão ergonômica na compra de equipamentos novos; e
- ❑ adaptações em ferramentas de trabalho.

Os benefícios da solução ergonômica foram os seguintes:

- ❑ redução da exposição aos fatores de risco;
- ❑ aumento significativo em produtividade;
- ❑ redução do tempo na execução das tarefas;
- ❑ absenteísmo reduzido;
- ❑ eficiência aumentada; e
- ❑ qualidade do produto melhorada.

Com os estudos de caso anteriormente citados, salienta-se a importância da consideração dos fatores humanos direcionados aos futuros usuários no desenvolvimento do projeto de máquinas ou equipamentos num processo de transferência de tecnologia. Neste sentido, promove-se a redução de investimentos com a adaptação de ferramentas e equipamentos, e o fornecimento das informações ergonômicas aos projetistas, com a sua integração no desenvolvimento do projeto, pode ser uma estratégia para alcançar esse objetivo.

A ergonomia deve superar a idéia de que basta tornar disponível a informação técnica. É necessário também organizar a questão gerencial no projeto. Um especialista em ergonomia na empresa é um requisito para a incorporação desta na função de projeto.

WEERDMEESTER & DUL [1995] descrevem em seu livro que um princípio importante na aplicação da ergonomia é que os equipamentos devem ser projetados para o uso coletivo, atendendo a 95% da população a que se destina o projeto. O livro procura eliminar as condições de insegurança, insalubridade, desconforto e ineficiência quando adequadas às capacidades e limitações físicas e psicológicas do homem no setor produtivo, através da elaboração de diversas recomendações ergonômicas para desenvolvimento de projetos.

Seguindo o raciocínio anterior, a *INTERNATIONAL LABOUR OFFICE* [1996] desenvolveu um guia prático para a aplicação da ergonomia em situações de trabalho. Consta de um estudo de diversas condicionantes ergonômicas adequadas ao projeto de máquinas, equipamentos, ferramentas e organização do trabalho, com proposições de listas de verificação.

SANTOS *et al* [1997b] aumentam as contribuições ao desenvolvimento do projeto ergonômico de máquinas e equipamentos industriais, descrevendo que,

normalmente, quando ocorre a transferência desses produtos de um país ao outro, sem as devidas precauções de adaptá-los, observa-se no novo ambiente um desempenho inferior tanto em produtividade quanto em segurança. Para evitar esses contratempos, vem de SANTOS *et al* [1997b] uma contribuição na redução dos problemas ergonômicos, com a elaboração da ferramenta intitulada *termos de referência*. Conforme a proposta dessa dissertação, o *termo de referência* apropriado para o caso é o *termo de referência para equipamentos*.

O termo de referência para máquinas e equipamentos desenvolve papel fundamental para auxílio do desenvolvimento ergonômico de projetos. Constitui documentação elaborada a partir de dados ergonômicos conhecidos, normas, resultados de análises de situações similares e também conta com a experiência dos projetistas.

A documentação será útil ao trabalho das equipes de projetistas, pois em SANTOS *et al* [1997b] descreve-se que muitas vezes os projetistas envolvidos estão afastados da direção do conjunto do projeto e, nesse sentido, pouco preparados para avaliar as conseqüências sobre as atividades de algumas soluções que concebem. O problema principal está na falta de difusão dos conhecimentos da ergonomia àqueles diretamente envolvidos com o projeto. Nesse processo de transmissão de informações, deve-se fazer referência precisa às condicionantes da tarefa, evitando-se o risco na incorreta utilização destas informações.

Sugere ainda SANTOS *et al* [1997b] a realização de um prognóstico das atividades de trabalho no desenvolvimento do projeto ergonômico de máquinas e equipamentos. Para isso, com a utilização de maquetes, protótipos ou *mock-ups*, realiza-se uma análise ergonômica no trabalho (A.E.T.). Isso permitirá o registro de certas características da atividade futura e o reajuste final do projeto.

Recentemente, pode-se encontrar em MORAES & MONTALVÃO [1998] preocupação na utilização da ergonomia no processo do desenvolvimento do projeto de máquinas e equipamentos. Mencionam etapas e fases de uma intervenção ergonômica no processo do projeto de produtos, através de uma abordagem sistêmica, demonstrando sua aplicação no aperfeiçoamento de um equipamento industrial, a partir de recomendações ergonômicas como as contidas na ferramenta *termo de referência para equipamentos*.

Assim, encontram-se na literatura muitos exemplos de máquinas e equipamentos utilizados por usuários/operadores que não estão adequados à realização de determinada tarefa, principalmente no tocante à ergonomia. Portanto, na correção

desses produtos, ressalta-se a *ergonomia de correção*. Todavia, a preocupação desta dissertação é ressaltar a *ergonomia na concepção* de produtos, evitando-se os contratempos surgidos pela transferência de tal tecnologia.

2.3. A Ergonomia

A ergonomia no ambiente do trabalho é muito mais que conforto. Seu conceito está intimamente ligado à produtividade e à lucratividade. Através de técnicas que aparentemente apenas tornam mais agradável o dia-a-dia nos postos de trabalho, é possível se obter uma série de resultados: melhoria do desempenho no trabalho, racionalização dos espaços e o respeito à saúde das pessoas, reduzindo-se custos em hora/homem, tratamentos médicos e processos trabalhistas.

A palavra ergonomia é originária do termo grego *ergo* que significa trabalho e *nomos* que significa regras, leis naturais. Em seu sentido etimológico, significa o *estudo das leis de trabalho*.

Com certeza, iniciou seu período de gestação junto ao homem pré-histórico, na adaptação de ferramentas às suas necessidades. Entretanto, considera-se o início da década de 50 como o surgimento *oficial* da ergonomia. IIDA [1992] descreve que a ergonomia, com data *oficial* de nascimento em 12 de julho de 1949, tem evoluído cada vez mais, a partir de uma visão parcial e restrita dos problemas, para uma abordagem mais ampla, integrada e interdisciplinar.

Alain Wisner em 1972 definiu a ergonomia “como um conjunto de conhecimentos científicos relativos ao homem e necessários para a *concepção* de ferramentas, máquinas e dispositivos que possam ser utilizados com o máximo de conforto, segurança e eficácia”. Isso evidencia que se deve adequar a atividade ao homem, não somente para se ter conforto, segurança e eficácia, mas também para promover melhores condições de vida, redução de acidentes e redução de erros humanos.

Extrapolando as definições iniciais de ergonomia, IIDA [1992] descreve que a ergonomia é o estudo do relacionamento entre o homem e o seu trabalho, equipamento e ambiente, e particularmente a aplicação dos conhecimentos de anatomia, fisiologia e psicologia na solução dos problemas surgidos desse relacionamento.

Muitos acidentes, que para os *tayloristas* eram devido à negligência dos trabalhadores, vê-se hoje que são devidos ao relacionamento inadequado entre

usuários/operadores e suas máquinas, equipamentos e tarefas de trabalho. Uma consideração adequada das capacidades e limitações humanas durante o projeto influenciam fortemente o desempenho no trabalho.

Segundo PEDROSO [1998], boas qualidades ergonômicas não podem ser acrescentadas ao produto *a posteriori*. Pela introdução de aspectos ergonômicos desde o início do processo do projeto do produto, alcança-se de maneira mais racional a configuração ergonômica que se pretende, preferível às adaptações posteriores no mesmo. A ergonomia de concepção é a citada no primeiro caso e a ergonomia corretiva, menos racional e mais onerosa, corresponde à segunda situação.

Embora a ergonomia tenha feito notáveis progressos em cinco décadas de existência, muitas pesquisas devem ser desenvolvidas. O aumento da competição industrial estimula empresas a oferecerem melhores produtos em qualidade, ressaltando-se os *requisitos ergonômicos* como uma das *vantagens competitivas*. Além disso, a crescente demanda por novos conhecimentos ergonômicos difundirá a necessidade da realização de pesquisas e a disseminação dessas informações.

A transferência de tecnologia, base desta dissertação, é tema abordado pela ergonomia na realização de projetos industriais, principalmente quando se refere à utilização de máquinas e equipamentos.

A transferência tecnológica é um dos fatores responsáveis pelos problemas ergonômicos encontrados nos produtos. Muitos são os casos descritos na literatura. Esses problemas ocorrem, pois produtos como máquinas e equipamentos industriais são projetados e fabricados em países com estruturas sociais, humanísticas e ambientais diferentes daquelas de onde serão efetivamente utilizados.

A antropotecnologia é uma disciplina que procura adaptar determinada tecnologia a um contexto, considerando a influência de fatores geográficos, econômicos, sociológicos e antropológicos, aumentando portanto, a abrangência do campo de ação da ergonomia.

SANTOS *et al* [1997a], no artigo *Anthropotechnology: ergonomics of industrial projects: a discussion on basic questions*, discutem o problema da transferência de tecnologia, considerada como fator primordial para o desenvolvimento econômico e a melhoria nas condições sociais em praticamente todos os países. Está-se transformando hoje em fator essencial para a competitividade do mercado, principalmente com a globalização da economia, onde equipamentos, produtos e

processos formam uma série de elementos que estão constantemente sendo transferidos entre países de diferentes culturas.

Discute-se que a transferência de tecnologia é a responsável por muitas catástrofes ecológicas, doenças profissionais, acidentes de trabalho e perda em produtividade. A proposta lançada naquele artigo citado foi o da elaboração de um livro contendo diversos estudos de casos, no qual se analisam o local onde a tecnologia será transferida, a projeção futura da situação de trabalho, o prognóstico da atividade de trabalho e a participação do usuário em cada passo do processo de transferência.

Já no livro de SANTOS *et al* [1997b], descreve-se que a transferência de tecnologia pode ocorrer de um país a outro, entre regiões de um mesmo país, de um centro de pesquisa ao setor produtivo ou entre pessoas, partes da mesma organização ou organizações diferentes. Esta transferência de tecnologia ocorre dentre diversas modalidades, tais como:

- construção de fábricas e plantas industriais completas;
- financiamento de projetos de industrialização; e
- máquinas, equipamentos e componentes.

Segundo WISNER apud SANTOS *et al* [1997b], normalmente, quando a transferência se restringe a máquinas e equipamentos, observa-se no novo ambiente um desempenho inferior tanto em produtividade quanto em segurança das instalações. Diversos problemas ergonômicos são verificados no uso de equipamentos inadequados a uma determinada população de trabalhadores, quer por equipamentos importados, quer por equipamentos oriundos de regiões do mesmo país. Apontam-se esses problemas às questões do projeto, que não leva em consideração, além da condições sócio-técnicas, os usuários ou operadores em potencial e suas características fisiológicas e psicológicas.

A questão antropotecnológica, adormecida no tempo pelo desinteresse dos usuários em querer encontrar no produto seus anseios e necessidades e procurando apenas o melhor preço, ressurgiu no mundo moderno, onde a população mundial passou a desejar nos seus produtos algo mais além do seu custo. E a globalização ressaltou ainda mais a importância da transferência de tecnologia. A satisfação que um operador ou um usuário tiver no uso ou manuseio de seu produto, máquina, equipamento ou ferramenta, trará sucesso à empresa que se preocupou em desenvolver este bem adequado ao operador/usuário potencial.

A análise ergonômica no trabalho, também conhecida por A.E.T., é uma das ferramentas de que se vale a ergonomia para a realização de intervenções ergonômicas em situações de trabalho, procurando nesse sentido reduzir os efeitos de uma inadequada transferência tecnológica. Culmina com a elaboração de um caderno de recomendações ergonômicas.

A Norma Regulamentadora NR-17 tornou obrigatória a análise ergonômica no trabalho e a posterior intervenção na situação de trabalho, com o intuito de garantir a melhoria das condições gerais do trabalho.

SANTOS & FIALHO [1997] propõem em seu livro um manual para a realização da análise ergonômica no trabalho, constando com rigor metodológico suas fases, etapas e atividades a serem desenvolvidas. Na FIGURA 2.2, apresenta-se resumidamente o esquema metodológico proposto.

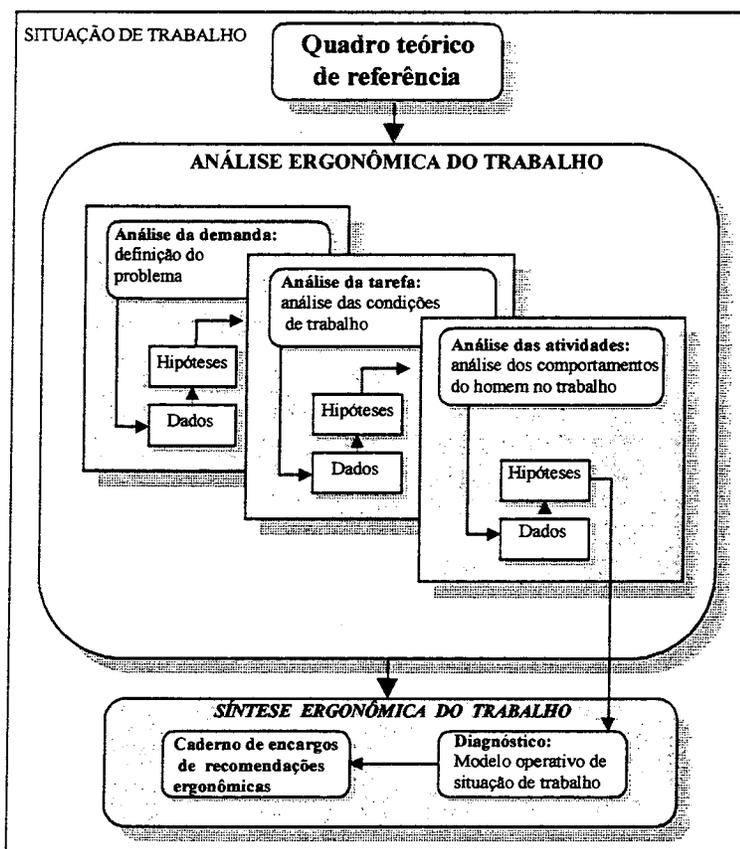


FIGURA 2.2. Método para realização da A.E.T. - SANTOS & FIALHO [1997].

Ainda em SANTOS & FIALHO [1997], uma planilha para o levantamento de dados utilizados em ergonomia pode ser encontrada, facilitando a análise da tarefa e da atividade em uma análise ergonômica no trabalho. Convém

ressaltar que esta planilha é útil em análises envolvendo usuários/operadores e suas máquinas e equipamentos de trabalho.

Pode-se encontrar em MAY & PURDY [1997] os resultados da aplicação da análise ergonômica em uma farmácia de um hospital, onde a produtividade estava baixa, apresentando problemas com a utilização dos equipamentos disponíveis no ambiente de trabalho.

Conforme proposta desta dissertação, percebe-se que a utilização da análise ergonômica no trabalho, tanto no projeto de máquinas ou equipamentos novos quanto em atividades de aperfeiçoamento, é adequada. Análises ergonômicas realizadas nas fases iniciais do projeto, em situações similares ou até mesmo no próprio produto, resultam na obtenção das necessidades e recomendações ergonômicas ao projeto. De outra maneira, atividades realizadas no produto nas fases finais do projeto, como em modelos ou protótipos, resultam na obtenção de medidas corretivas no produto que se projeta.

2.4. Metodologias de Desenvolvimento do Projeto

À medida que um projeto é iniciado e desenvolvido, desdobram-se muitas fases em ordem cronológica, que têm início na coleta de informações de mercado e culminam com o planejamento do descarte do produto. Estas etapas são apresentadas por diversos autores e compõem os métodos de desenvolvimento do projeto de produtos.

Em BOMFIM [1984], pode-se encontrar a origem da aplicação dos métodos em projetos, que teve início na década de sessenta, na Alemanha e na Inglaterra, sendo que na Alemanha se encontram instituições que se dedicam ao desenvolvimento de novos métodos e técnicas, como o *Battelle Institut* de Frankfurt e o *AW Design* de Stuttgart.

Segundo BOMFIM [1984], os métodos de projeto nada mais são do que instrumentos de trabalho e portanto, é preciso evitar o mito de que sua utilização em projetos é garantia de sucesso. O bom resultado de um projeto depende da capacidade técnica e criativa de quem o desenvolve. Métodos e técnicas auxiliam na organização de tarefas, tornando-as mais claras e precisas, ou seja, oferecem suporte lógico ao desenvolvimento de um projeto.

Críticas são encontradas na aplicação de métodos sistêmicos ao desenvolvimento de projetos. Contudo, vantagens são observadas, como a divisão da tarefa global em objetivos específicos e não menos complexos. A idéia geral é dar uma orientação básica no que deve ser feito desde o início do projeto, por quais caminhos seguir, e os resultados a que se pretende chegar. Auxiliam a ação dos projetistas e, de maneira mais ampla, nas tomadas de decisão.

Outra característica da aplicação de métodos sistêmicos no desenvolvimento de projetos é com relação aos custos do produto. Segundo BACK & FORCELLINI [1997], o custo do produto fica praticamente comprometido com as tomadas de decisão nas primeiras fases do projeto do produto. Este é um paradigma atual onde se prezam investimentos nas fases iniciais do projeto, para se evitar que produto que se encontra em fase de produção apresente problemas e comprometa a imagem da empresa e do próprio produto.

Assim, deve-se gastar mais tempo e recursos nas fases iniciais do projeto, que mais comprometem o custo total do produto com as tomadas de decisão realizadas. A FIGURA 2.3 ilustra o comprometimento do custo do produto (%) em função das fases do seu ciclo de vida.

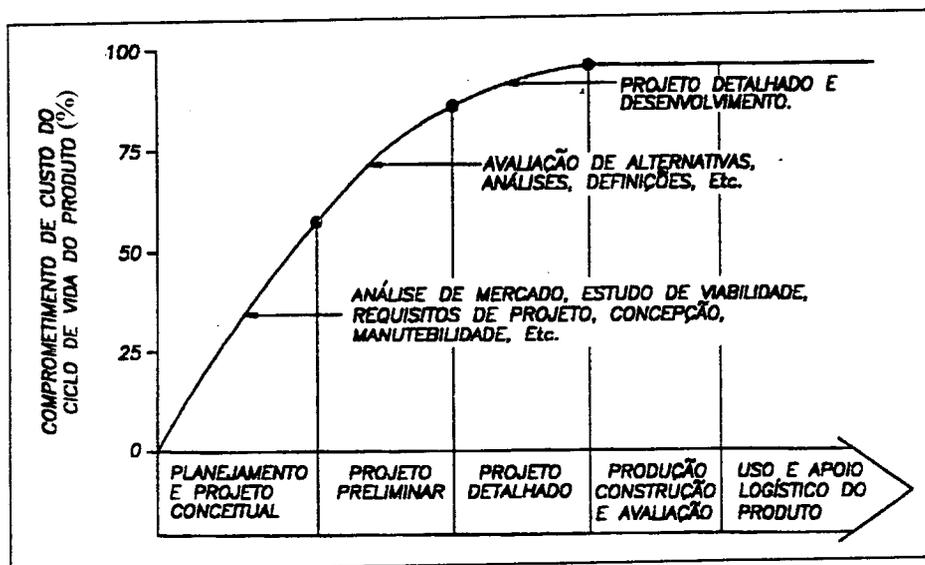


FIGURA 2.3. Fases do ciclo de vida do produto X custo – BACK & FORCELLINI [1997].

Para SELL [1997], planejar e desenvolver produtos consiste em passos e etapas de síntese, intercaladas com análises e avaliações, que servem tanto para a obtenção de mais informações, como para verificação e controle do alcance dos objetivos fixados, ou requisitos definidos no início do processo de desenvolvimento.

BAXTER [1998] descreve que a divisão do processo de desenvolvimento de produtos em diversas fases é importante para o planejamento e o controle de qualidade desse processo. A definição de cada etapa pode ser alterada e adaptada conforme o produto e a empresa onde é desenvolvido.

FIOD NETO & BACK [1990] apresentam a metodologia proposta pelo VDI 2221, com o detalhamento das fases e passos no desenvolvimento do projeto de produtos industriais. Descrevem que para se obter sucesso na atividade do projeto é preciso planejar cuidadosamente e executar sistematicamente o processo do projeto, tendo em vista a complexidade da moderna tecnologia e as diversificadas informações a serem utilizadas. Concluem descrevendo que o projetista precisa sempre contar com um modelo de desenvolvimento confiável para realizar seu trabalho e que as metodologias de projeto se configuram como poderosos instrumentos auxiliares.

IIDA [1992] apresenta uma metodologia para o desenvolvimento de produtos que permite a ênfase da ergonomia nesse processo. Neste livro, podem-se encontrar os procedimentos a serem adotados em cada fase do desenvolvimento do projeto (p. 359). A FIGURA 2.4 ilustra o método apresentado.

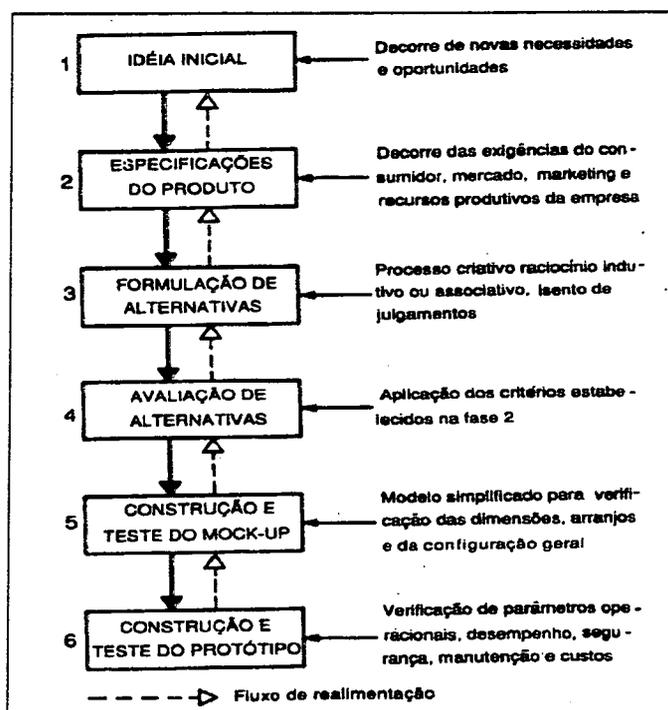


FIGURA 2.4. Etapas do processo de desenvolvimento de produtos - IIDA [1992].

O processo do desenvolvimento do projeto de produtos de IIDA [1992] prevê etapas de retorno, para modificar algum aspecto que já havia sido aprovado e que posteriormente não foi confirmado como a melhor solução encontrada.

WAGNER *et al* [1996] descrevem um método em suas etapas e fases para o desenvolvimento de produtos. Segundo os autores, esse método é especialmente adequado para o aperfeiçoamento do *design* de produtos existentes e o desenvolvimento do *design* de novos produtos. O processo geral foi dividido em três principais fases (informação, análise e desenvolvimento), compondo um conjunto de doze etapas seqüenciadas e interativas entre si.

A principal contribuição do método está na flexibilidade que traz para o reprojeto do produto, pois agora as sugestões se referem a características de forma explícitas e não mais a conceitos qualitativos abstratos. Segundo os autores, como as funções do produto a ser aperfeiçoado já foram originalmente estabelecidas, pode-se simplificar a execução de algumas etapas iniciais do desenvolvimento do reprojeto (em sua primeira fase), pois a configuração geral e específica do produto existente são conhecidas. Isto não impede que se planeje acrescentar, retirar ou modificar uma ou mais funções ao produto original.

STEIN [1997] apresenta metodologia para o projeto de produtos embasada em BACK [1983], dando destaque à ergonomia. Na proposta de BACK [1983], verifica-se um processo metodológico, definido em fases que vão desde a concepção inicial do produto até o planejamento da sua retirada do mercado. Esta metodologia permite adaptação para o projeto ergonômico de máquinas e equipamentos.

Da mesma maneira que BACK [1983] relata que todo um processo de transformação pode ser representado por uma *caixa preta*, BONSIEPE, apud STEIN [1997], também representa este processo na sua metodologia proposta. Em STEIN [1997], pode-se encontrar a descrição das várias etapas deste método, bem como as possíveis formas que podem ocorrer:

- ❑ linear: processo contínuo;
- ❑ com *feed-back*: processos interligados por reavaliações constantes;
- ❑ circular: reiniciação constante para fechar o ciclo; e
- ❑ interativo: interação entre as etapas conforme a necessidade.

Em BACK & FORCELLINI [1997], pode-se encontrar a descrição de algumas sistematizações idealizadas para o processo do projeto de produtos, onde cada modelo consiste de uma seqüência de estágios, que vão desde a percepção das necessidades até a descrição final da configuração do projeto. Entre os métodos citados, encontram-se os de Asimow (1962), Coryell (1967), Pahl & Beitz (1977), VDI 2221 (1985), Fabrick & Blanchard (1990) e Pugh (1991).

A sistemática de Pahl & Beitz é considerada clássica na área de projeto de produtos industriais e tem sido usada como base para várias pesquisas. A metodologia é descrita em quatro etapas, conforme mostra o fluxograma da FIGURA 2.5.

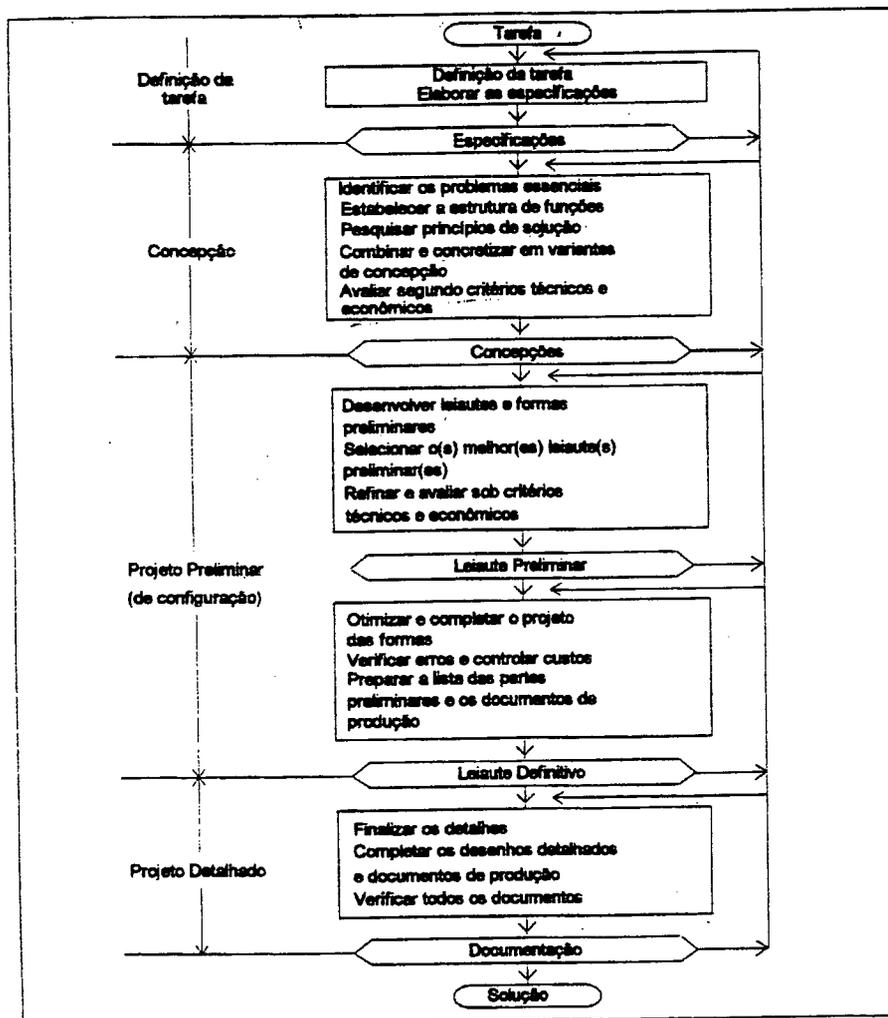


FIGURA 2.5. Esquema metodológico de Pahl & Beitz – BACK & FORCELLINI [1997].

As descrições detalhadas das atividades a serem desenvolvidas em cada fase da proposta de Pahl & Beitz estão descritas com rigor em PAHL & BEITZ [1988] e BACK & FORCELLINI [1997].

Mais recentemente, pode-se encontrar na literatura a proposta de MORAES & MONTALVÃO [1998], na elaboração de metodologia para o desenvolvimento do projeto ergonômico de produtos, como máquinas e equipamentos de postos de trabalho. Ressaltam a importância do uso de métodos de engenharia no desenvolvimento do processo do projeto, já que somente o uso de recomendações, *guidelines*, *checklists* ou padrões ergonômicos são insuficientes para analisar e projetar um sistema.

Como diferenciação da proposta de MORAES & MONT'ALVÃO [1998], elabora-se nesta dissertação uma metodologia para o projeto ergonômico de máquinas e equipamentos com a utilização, além de ferramentas ergonômicas, de ferramentas de engenharia. Além disso, há preocupação em deixar especificado como desenvolver o que se prevê em cada atividade, já que em MORAES & MONT'ALVÃO [1998] alguns "*como fazer*" não foram especificados.

BRASIL [1997] mostra que, apesar de importante, o uso de métodos sistêmicos no desenvolvimento de projetos em empresas do Rio Grande do Sul e Santa Catarina não está difundido, por diversos motivos. Entre 30 empresas entrevistadas, apenas três delas demonstraram conhecimento e uso de métodos no desenvolvimento de projetos. Os principais motivos da não aplicação de métodos sistêmicos foram:

- falta de disciplinas obrigatórias que considerem o aspecto metodológico do projeto e desenvolvimento de produtos em cursos de graduação;
- despreparo do engenheiro recém-formado; e
- escassa bibliografia em Português relacionada com a área de projeto, sendo que a existente apresenta pouco teor de instrução aplicativa.

A adoção efetiva desta filosofia é ainda inexistente em muitas empresas, especialmente nas de pequeno e médio porte, operando com escassos recursos financeiros, materiais e humanos. Isso leva a crer que muito ainda pode ser feito para despertar nas empresas a aplicação de procedimentos que auxiliem nas tomadas de decisão no decorrer de um projeto.

Por outro lado, as organizações que procuram implementar tais abordagens e procedimentos de forma pouco criteriosa, ou sem a adequada capacitação de seu efetivo de trabalho, têm obtido resultados que podem até mesmo ser desfavoráveis. Estes enfoques evidenciam que por mais úteis que tenham se mostrado, os métodos não devem ser vistos como panacéias para os problemas de produtividade e qualidade com os quais as empresas se defrontam, devido à crescente abertura e competitividade de seus mercados. A utilidade e a aplicabilidade de cada método é influenciada por uma série de fatores como a demanda a ser atendida, o tipo de produto, o tipo de processo, a organização da empresa e a própria cultura organizacional.

Cresce o interesse por mais informações sobre essa forma de gestão à medida que se conhece mais sobre seus componentes conceituais, tecnológicos,

humanos, processos de implantação, adaptação a outros ambientes e experiências práticas passadas e projeções futuras.

Da *engenharia simultânea* também vêm contribuições ao processo do projeto de produtos. É ferramenta desenvolvida por empresas japonesas e que se impõe às empresas ocidentais desde a década dos anos 80.

2.5. O Usuário / Operador

O início do processo de desenvolvimento do projeto tem como enfoque a descoberta das necessidades e desejos do futuro usuário/operador do produto. Essas necessidades devem ser tratadas com prioridade no projeto. E este é um dos problemas existentes em máquinas e equipamentos utilizados na indústria. Esses produtos são muitas vezes projetados para uso em realidades diferentes e causam aos trabalhadores desconforto no uso e operação e, o que é trágico, ocasionam acidentes de trabalho. As lesões por esforços repetitivos, uma das piores doenças não mortais existentes, são realidade do mercado, afastando o trabalhador do seu posto de trabalho e fazendo com que a produtividade da empresa reduza.

Diversas são as formas possíveis para se detectarem as necessidades e desejos dos usuários/operadores no desenvolvimento do projeto. Entre elas, encontra-se na literatura:

- pesquisa do mercado;
- simular o uso pelos usuários;
- estudar e observar o comportamento do usuário; e
- comunicar-se com o usuário.

Em BACK & FORCELLINI [1997], SANTOS & FIALHO [1997], MORAES & MONT'ALVÃO [1998] e BAXTER [1998], podem-se encontrar mais informações sobre esse tema.

A partir das necessidades humanas citadas na literatura, pode-se encontrar informações sobre as necessidades dos usuários/operadores (clientes do projeto), como é feito em MELLO [1988] e JURAN apud BACK & FORCELLINI [1997]. São elas:

- necessidades manifestas, reais e latentes;
- necessidades culturais;
- necessidades atribuíveis a usos inesperados; e

- necessidades relativas à satisfação com o produto.

Na tentativa de definir os elementos *usuário/operador e empresa*, recorreu-se às definições de STEIN [1997]. Adequando-as ao tema dessa dissertação, tem-se:

- *usuário/operador*: são as pessoas que se utilizam, operam ou entram em contato com máquinas e equipamentos para realização de alguma atividade em postos de trabalho. Segundo BACK & FORCELLINI [1997], são os clientes externos do projeto. Buscam nele conforto e segurança para a realização da atividade; e
- *empresa*: é quem planeja e/ou desenvolve o aperfeiçoamento ou projeto de máquinas e equipamentos, transferindo-os a diversos níveis do mercado e procurando atingir a venda de seus produtos a diversos países. Geralmente apresentam soluções e alternativas diferenciadas de seus concorrentes, vindo da ergonomia uma contribuição para isso. Pode-se dizer também que *empresa* é aquela que se utiliza de máquinas e equipamentos industriais para realização de suas atividades, passando neste caso a ser usuária do produto.

Além desses dois elementos formadores do mercado, citam-se ainda a concorrência e a legislação. A concorrência é a competição que surge entre empresas na busca da conquista de clientes. A utilização correta das normas vigentes e adoção de requisitos ergonômicos no projeto pode representar um diferencial para a empresa na conquista do mercado.

A globalização, segundo WASSERMAN [1992], exige mais informações sobre o perfil do usuário e do consumidor. Esta competitividade internacional acentua a percepção do valor pelo consumidor, assim como demanda por qualidade. A presença de produtos, máquinas, equipamentos e sistemas mais complexos exige novas metodologias e tecnologias para a criação de soluções, cuja utilização seja simples e satisfatória.

KUAHARA [1993] realizando estudo sobre usuários, descreve a importância da satisfação das necessidades dos clientes em uma indústria do setor automobilístico. Segundo o autor, o mundo vem sofrendo profundas transformações ao longo dos anos, principalmente no comportamento do ser humano. Ganha destaque neste contexto a qualidade, convivida em todos os setores da vida. O ser humano passa a ser mais exigente com os serviços e produtos que recebe. Procura um produto que

agrade a ele, facilite a execução de sua atividade e não importando muitas vezes a perfeição, mas sim a satisfação.

PEDROSO [1998] procurando enfatizar a importância do usuário na relação que tem com o produto, relata que o atendimento das necessidades do usuário, num cenário onde a competitividade está cada vez mais acirrada, faz com que as empresas se utilizem de metodologias e ferramentas para garantir o sucesso de seu produto no mercado.

Finalizando o estudo sobre usuários/operadores, cita-se BAXTER [1998] que descreve que o desenvolvimento de produtos deve ser orientado para o usuário. Os projetistas, em especial os *designers*, devem interpretar as necessidades, sonhos, desejos, valores e esperanças do usuário. Descreve que somente um produto, com uma clara diferenciação em relação aos existentes e com um evidente acréscimo de valor pode ser uma boa razão para que o usuário, conservador como o é, passe a adquirir tal produto. Segundo BAXTER [1998], tais produtos têm cinco vezes mais chance de sucesso.

Apresentam-se no próximo item as ferramentas analisadas que, estruturadas na proposta de projeto a ser apresentada no **CAPÍTULO 4**, auxiliam no desenvolvimento ou aperfeiçoamento do projeto ergonômico de máquinas e equipamentos.

2.6. As Ferramentas de Projeto

Existem inúmeras ferramentas disponíveis na literatura que auxiliam no desenvolvimento do projeto de produtos, no caso específico, máquinas e equipamentos de postos de trabalho. Quando aplicadas com rigor, podem produzir bons resultados, que visam sobretudo ao atendimento das necessidades e requisitos do projeto.

Segundo BAXTER [1998], as ferramentas podem ser consideradas um conjunto de recomendações para estimular idéias, analisar problemas e estruturar as atividades do projeto. Constituem instrumentos apropriados para se trabalhar no desenvolvimento de produtos.

As ferramentas a serem aplicadas na proposta desta dissertação, apresentadas na **TABELA 2.1**, foram divididas em função do momento de sua aplicação. Têm-se, então:

- ferramentas que são aplicadas em fases específicas do desenvolvimento do projeto; e
- ferramentas que são aplicadas durante o desenvolvimento das fases do projeto, subsidiando também a aplicação das ferramentas em fases específicas.

TABELA 2.1. Ferramentas do projeto e sua aplicação ao desenvolvimento ergonômico de projetos.

Forma de aplicação Ferramentas	Aplicáveis durante o desenv. das fases do projeto	Aplicáveis em fases específicas do desenv. do projeto
Normas Ergonômicas Regulamentadoras	✓	
Termo de Referência para Equipamentos	✓	
Desdobramento da Função Qualidade		✓
Método Síntese Funcional com Método da Matriz Morfológica		✓
Lista de Verificação Ergonômica		✓
Análise Ergonômica no Trabalho		✓

As ferramentas selecionadas para o projeto ergonômico de máquinas e equipamentos são apresentadas em diversos trabalhos encontrados na literatura e portanto, testadas em diversas ocasiões. Mostram-se também suficientes para o objetivo desta dissertação pois, segundo BAXTER [1998], as ferramentas utilizadas devem estar de acordo com a tarefa em que se está trabalhando, já que os problemas de projeto nem sempre apresentam as mesmas exigências. Neste trabalho, essas ferramentas de projeto terão enfoque ergonômico.

2.7. Conclusão

O assunto tratado neste capítulo mostrou os problemas existentes em máquinas e equipamentos e o ambiente que os contém. Permitiu também dar sustentação à proposta de trabalho que se propõe como solução ao problema de pesquisa abordado no **CAPÍTULO 1**.

O desenvolvimento ou aperfeiçoamento do projeto ergonômico de máquinas e equipamentos, tendo como foco principal o usuário ou operador, que passa a executar sua tarefa com mais segurança e bem estar, permite que as atividades de trabalho sejam realizadas com o máximo de conforto possível, melhorando a produtividade e a qualidade dos produtos industriais.

Com planejamento sistêmico e utilização adequada das informações e ferramentas de projeto, procura-se garantir o sucesso do trabalho da equipe de projetistas, que é o desenvolvimento de produtos que atendam às expectativas de seus futuros usuários/operadores.

O próximo capítulo desta dissertação apresenta as ferramentas selecionadas e utilizadas em determinadas fases da proposta de projeto ergonômico de máquinas e equipamentos.

CAPÍTULO 3. AS FERRAMENTAS DE PROJETO

O desenvolvimento de produtos é atividade seqüencial e para tal deve ser provido de uma metodologia que permita o direcionamento das fases do desenvolvimento do produto e que, ao final, atinjam-se os interesses da empresa. É nesse sentido que se desenvolve esse capítulo, cujo objetivo é analisar as ferramentas que subsidiam o desenvolvimento do projeto (ou aperfeiçoamento) ergonômico de máquinas e equipamentos. No **CAPÍTULO 4**, serão descritos os momentos da aplicação dessas ferramentas em uma metodologia de projeto.

Por ferramentas de projeto, pode-se entender como sendo as técnicas utilizadas no processo do desenvolvimento de produto e que auxiliam, quando planejadas e utilizadas com rigor, o êxito da atividade, que é o de produzir produtos que atendam às necessidades dos usuários.

Os próximos itens se dedicam à exploração das ferramentas científicas (com destaque às ergonômicas) utilizadas no processo do projeto ergonômico de máquinas e equipamentos e que são aplicáveis tanto ao longo das fases do desenvolvimento do projeto do produto como em fases específicas.

3.1. Normas Ergonômicas Regulamentadoras

O processo de adequação à normalização é vital para a economia. A competição internacional exige utilização de normas técnicas para melhoria dos níveis de qualidade, produtividade e competitividade dos produtos nos mercados. O Código de Proteção e Defesa do Consumidor regulamenta como prática abusiva do fornecedor *colocar no mercado de consumo qualquer produto ou serviço em desacordo com as normas expedidas pelos órgãos competentes, ou, se as normas especificadas não existirem pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – A.B.N.T..*

Na maioria das vezes, a normalização pode gerar uniformidade no produto, dificultando em certos casos a otimização do mesmo. Mas sendo as normas atualizadas, nota-se maior número de vantagens na sua utilização. IIDA [1992] descreve que muitas normas estão desatualizadas, possuindo termos genéricos e ambíguos, com a necessidade de transcrições verbais por desenhos ilustrativos.

A seguir, listam-se normas ergonômicas referentes a máquinas e equipamentos – TABELA 3.1, e que conforme a especificidade do caso, devem ser utilizadas no processo do projeto desses produtos. Indicam-se normas da Organização de Normalização Internacional I.S.O. – *International Organization for Standardization*. Uma norma I.S.O. contém, geralmente, itens que apresentam avanço em relação às melhores normas em vigor, provocando de certa maneira revisões nas normas nacionais.

Entretanto, normas ergonômicas internacionais tais como a D.I.N. – *Deutsches Institut für Normung* (Alemanha) e A.F.N.O.R. – *Association Française de Normalization* (França) também têm sua utilização recomendadas. No Brasil, podemos utilizar as normas da A.B.N.T. - Associação Brasileira de Normas Técnicas, especificamente a NR 17 – Ergonomia.

TABELA 3.1. Relação de normas ergonômicas I.S.O.

NORMA I.S.O.	DESCRIÇÃO
447:1984	Ferramentas elétricas - Direção de operação de controles
3767-1:1998	Tratores, máquinas para agricultura, silvicultura e equipamentos de jardim - Símbolos para controles do operador e outras indicações - Parte 1: Símbolos comuns
3958:1996	Veículos de passageiro - Alcance de controles pelo motorista
4073:1980	Equipamento dentário - Artigos de equipamento dentário - Sistema de identificação
4253:1993	Tratores para agricultura - Acomodação do assento do operador – Dimensões
5721:1989	Tratores para agricultura - O campo de visão do operador
5970:1979	Mobília - Cadeiras e mesas para instituições educacionais - Dimensões funcionais
6385:1981	Princípios ergonômicos no projeto de sistemas de trabalho
7250:1996	Medidas básicas do corpo humano para projeto tecnológico
DIS 9355-1	Exigências ergonômicas para o projeto de <i>displays</i> e controles - Parte 1: Interações humanas com <i>displays</i> e controles
DIS 9355-2	Exigências ergonômicas para o projeto de <i>displays</i> e controles - Parte 2: <i>Displays</i>
10075:1991	Princípios ergonômicos relacionados com a carga de trabalho mental - Condições gerais e definições
10075-2:1996	Princípios ergonômicos relacionados com a carga de trabalho mental - Parte 2: Princípios de projeto
DIS 11064-1	Projeto ergonômico de centros de controle - Parte 1: Princípios para o projeto de centros de controle
DIS 11064-2	Projeto ergonômico de centros de controle - Parte 2: Princípios de arranjo da sala de controle
DIS 11064-3	Projeto ergonômico de centros de controle - Parte 3: Disposição da sala de controle
DIS 11226	Ergonomia - Avaliação de posturas de trabalho
DIS 11228-1	Ergonomia - Manipulação manual – Parte 1: Levantamento e transporte
11428:1996	Ergonomia - Sinalização visual de perigo - Exigências gerais, projeto e teste
11429:1996	Ergonomia – Sistema de perigo audível e visual e sinais de informação
TR 12100-2:1992	Segurança de máquinas - Conceitos básicos, princípios gerais para projeto - Parte 2: Princípios técnicos e especificações
13688:1998	Roupa protetora - Exigências gerais
DIS 13849-1	Segurança de máquinas - Segurança relacionada a sistemas de controle – Parte 1: Princípios gerais para projeto
13850:1996	Segurança de máquinas - Parada de Emergência - Princípios para projeto
DIS 13851	Segurança de máquinas – Dispositivos de controle bimanual – aspectos funcionais e princípios de projeto

FONTE: Internet, <http://www.iso.ch> [1999]

TABELA 3.1. Relação de normas ergonômicas I.S.O. - Continuação

NORMA I.S.O.	DESCRIÇÃO
13852:1996	Segurança de máquinas – distâncias de segurança para prevenir zonas de risco alcançadas pelos membros superiores
13853:1998	Segurança de máquinas – distâncias de segurança para prevenir zonas de risco alcançadas pelos membros inferiores
13854:1996	Segurança de máquinas - Aberturas mínimas para evitar esmagamento de partes do corpo humano
DIS 13856-1	Segurança de máquinas – Dispositivos protetores sensíveis à pressão - Parte 1: Princípios gerais para projeto – Testes de tapetes
DIS 14118	Segurança de máquinas – Prevenção contra acionamento involuntário
14119:1998	Segurança de máquinas - Guardas de coberta - Princípios para projeto e seleção
DIS 14121	Segurança de máquinas - Princípios de taxa de risco
DIS 14122-1	Segurança de máquinas - Meios permanentes de acesso para máquinas e plantas industriais - Parte 1: Escolha de meios fixos de acesso entre dois níveis
DIS 14122-2	Segurança de máquinas - Meios permanentes de acesso para máquinas e plantas industriais - Parte 2: Trabalhando plataformas e passagens
14123-1:1998	Segurança de máquinas - Redução de riscos para saúde de substância perigosas emitidas por máquinas - Parte 1: Princípios e especificações para fabricantes
14123-2:1998	Segurança de máquinas - Redução de riscos para saúde de substâncias perigosas emitidas por máquinas - Parte 2: Metodologia de procedimentos de verificação
DIS 14159	Segurança de máquinas - Exigências de higiene para o projeto de máquinas
DIS 14738	Exigências antropométricas para o projeto de postos de trabalho e máquinas
15003:1977	Orientação geométrica e direções de movimentos
DIS 15008-1	Veículos de estrada - Informação de tráfego e sistemas de controle - Aspectos de ergonomia em apresentação visual de informação - Parte 1: Especificações
DIS 15534-1	Projeto ergonômico para a segurança de máquinas - Parte 1: Princípios para determinar as dimensões de aberturas para acesso do corpo inteiro em máquinas
DIS 15534-2	Projeto ergonômico para a segurança de máquinas - Parte 2: Princípios por determinar as dimensões para aberturas de acesso
DIS 15534-3	Projeto ergonômico para a segurança de máquinas - Parte 3 : Dados antropométricos

FONTE: Internet, <http://www.iso.ch> [1999]

Normas referentes aos meios ambiente lumínico, acústico, sonoro, vibratório e toxicológico não foram listadas. Porém, podem ser consultadas no endereço eletrônico citado. Além da utilização de normas ergonômicas, pode-se, ao desenvolver o projeto de uma máquina ou equipamento, utilizar-se catálogos, listas e planilhas.

Normas representam inevitável forma de compromisso, segundo GRANDJEAN [1998]. Muitas análises de campo mostram que as soluções indicadas não representam as soluções ótimas apontadas pelas normas vigentes. Deve-se ter em mente que *recomendações* e *normas* são compromissos do projeto.

Verifica-se a tendência de muitos países em colaborar primeiramente no preparo de normas internacionais e, em seguida, considerar suas normas nacionais como decorrência da norma internacional. É neste sentido que se recomenda, ao realizar o desenvolvimento de um projeto ergonômico, utilizar preferencialmente normas internacionais.

3.2. Termo de Referência/Equipamentos

Os termos de referência são ferramentas ergonômicas apresentadas em SANTOS *et al* [1997b]. Constituindo documentação elaborada a partir de dados ergonômicos conhecidos, experiência própria e resultados de análises de situações similares, podem evitar contratempos danosos à imagem do produto e empresa. Dentre os termos de referência apresentados em SANTOS *et al* [1997b], utiliza-se o *termo de referência para equipamentos* na proposta desta dissertação.

Os termos de referência procuram contemplar a dispersão do trabalho conceitual da equipe do projeto. Segundo SANTOS *et al* [1997b], leva-se à necessidade de se redigir esse documento pois:

“Sobre cada prancheta de desenho, em cada parte do canteiro de obras e da montagem dos equipamentos industriais é que estão sendo criadas as futuras condições de trabalho. Os projetistas envolvidos são, às vezes, de nível hierárquico inferior, bastante afastados da direção do conjunto do projeto e, nesse sentido, pouco preparados para avaliar as conseqüências sobre as atividades de algumas soluções que eles concebem (SANTOS *et al* [1997b], pg. 203)”.

Assim, como é praticamente impossível que um ergonomista esteja sempre presente nas atividades do projeto ergonômico de máquinas e equipamentos, surge a importância da ferramenta *termo de referência para equipamentos*, cujo objetivo principal é o de fornecer aos projetistas informações básicas de ergonomia para que eles possam tratar dos problemas ergonômicos de maneira suficiente.

Em BACK [1983], WEERDMEESTER [1995], BARROS [1996], SANTOS *et al* [1997b], GRANDJEAN [1998], entre outros, podem-se verificar os elementos que devem constar do termo de referência para equipamentos: dados antropométricos de base, esforços físicos de trabalho, dimensionamento e acessibilidades, concepção dos comandos e estereótipos populares, fatores ambientais e riscos mecânicos. Estudos relativos à utilização de cores merecem atenção, facilitando a ordenação, orientação e segurança no desempenho das atividades.

Essa ferramenta ergonômica pode ser utilizada compartilhando-se seu conteúdo, conforme a especificidade da tarefa, à equipe do projeto. Sua aplicação não se resume às fases iniciais do projeto, com a determinação das necessidades dos usuários ou operadores, nem tampouco no desenvolvimento conceitual ergonômico do produto. Essa ferramenta tem como característica acompanhar todo o processo do desenvolvimento do projeto do produto.

Segundo SANTOS *et al* [1997b], os resultados desse processo de transmissão de informações e conhecimentos são: formação dos projetistas em métodos e técnicas desenvolvidos pela ergonomia; auxílio aos projetistas nas tomadas de decisão; auxílio aos projetistas na antecipação de certos problemas e atendimento das necessidades dos usuários/operadores do produto.

Nos próximos itens serão apresentadas as ferramentas utilizadas em fases específicas do projeto ergonômico de máquinas e equipamentos. Algumas ferramentas já estão consolidadas no processo do desenvolvimento do projeto de produtos e portanto serão brevemente descritas.

3.3. Desdobramento da Função Qualidade – Q.F.D.

A ferramenta conhecida por Desdobramento da Função Qualidade (Q.F.D. - *Quality Function Deployment*), que hoje está associada ao termo “Casa da Qualidade” – na sua primeira matriz -, é ferramenta de engenharia que permite o desenvolvimento do projeto de produtos enfatizando atributos ergonômicos, e que por isso é tratada nesse trabalho como uma ferramenta ergonômica.

DEAN [1999] mostra o Q.F.D. como um processo de engenharia que transforma os desejos do cliente/usuário em linguagem técnica, a todas as fases do projeto. O Q.F.D. é um método que objetiva assegurar bons resultados no desenvolvimento produtos, através da redução do número de mudanças no projeto em estágios avançados e no tempo do desenvolvimento

O conceito do Q.F.D. foi introduzido no Japão por Yoji Akao, em 1966. De acordo com AKAO apud DEAN [1999], o método auxilia o desenvolvimento do projeto com qualidade, apontando para a satisfação do usuário e traduzindo as necessidades do usuário em objetivos de projeto.

É importante a composição de uma equipe multidisciplinar para a elaboração da matriz do Q.F.D. Entre eles, segundo PEDROSO [1998], têm-se: engenharia de produtos, *design* industrial, ergonomia, assistência ao consumidor, manufatura, engenharia de processos, marketing, usuários/operadores, entre outros. Estes elementos são considerados clientes do produto em desenvolvimento.

A partir de SALLES [1993], BACK & FORCELLINI [1997] e BAXTER [1998], pode-se encontrar informações sobre essa ferramenta, de onde deriva a Lista de Requisitos ou Especificações do Projeto do Produto. Segundo BAXTER [1998], as

especificações do projeto são importantes para o controle de qualidade durante o desenvolvimento, determinando a vida ou morte dos produtos, conforme atendam ou não às demandas contidas na especificação.

3.4. Método Síntese Funcional

Definidas as especificações do projeto do produto, passa-se à fase do projeto que se preocupa em obter a melhor concepção ergonômica ao produto que se projeta. Para isso, lança-se mão da ferramenta *síntese funcional* em conjunto com a ferramenta *matriz morfológica*.

Essas ferramentas, utilizadas em conjunto, cumprem etapas para se chegar ao resultado final. Enfatizando-se a ergonomia, são as etapas:

- ❑ estabelecer a função técnica total;
- ❑ estabelecer estruturas ergonômicas de funções alternativas;
- ❑ selecionar a estrutura ergonômica de funções mais adequada;
- ❑ pesquisar princípios de solução ergonômicos;
- ❑ combinar variantes dos princípios de solução ergonômicos;
- ❑ selecionar a melhor concepção ergonômica ao produto; e
- ❑ detalhar a concepção ergonômica obtida.

Maiores detalhes sobre a sistemática das ferramentas *síntese funcional* e *matriz morfológica* poderão ser encontradas em BACK [1983], STEIN [1997] e BAXTER [1998].

Para a seleção da melhor concepção ergonômica, as soluções possíveis são submetidas a processos de avaliação e valoração que podem ser encontrados em BACK & FORCELLINI [1997] e BAXTER [1998].

Pode-se obter, nessa fase do projeto, mais de uma concepção ergonômica. Entretanto, o ideal é que se obtenha uma única concepção. Isso é explicado pela importância que tem o projeto conceitual numa metodologia de projeto, pois é nesta fase que mais se compromete o custo do ciclo de vida do produto. Assim, como a *síntese funcional* e a *matriz morfológica* são utilizadas na fase do projeto conceitual, deve-se, com o máximo de rigor possível, selecionar a melhor concepção ergonômica para o produto.

De acordo com o objetivo desta dissertação, a concepção ergonômica selecionada deve estar concordante com a *normalização ergonômica* e as orientações

contidas no *termo de referência para equipamentos*, ambas ferramentas utilizadas ao longo do processo do projeto de produtos proposto no **CAPÍTULO 4**.

3.5. Lista de Verificação Ergonômica

A ferramenta ergonômica *lista de verificação* tem por objetivo propor melhorias na concepção selecionada, corrigindo eventuais problemas detectados no produto, bem como, havendo mais de uma concepção, selecionar a melhor para o projeto do produto.

Essa técnica se caracteriza pela verificação da conformidade do conceito com uma série de recomendações ergonômicas elaboradas a partir da literatura, análises de situações similares, normalização e experiência em outros projetos. Uma lista de verificação baseada em recomendações selecionadas, e classificadas segundo atributos ergonômicos, consegue detectar boa parte dos problemas que ainda persistem na solução concebida.

Para essa atividade, utiliza-se a *lista de verificação ergonômica* indicada adiante, através da aplicação do questionário proposto à concepção elaborada. A **FIGURA 3.1** ilustra a maneira de se registrarem os resultados da aplicação dessa ferramenta.

<p>Você propõe alguma ação?</p> <p><input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Prioridade</p> <p>Observação: _____</p>

FIGURA 3.1. Registro da aplicação do questionário - *INTERNATIONAL LABOUR OFFICE* [1996].

Para aplicação da *lista de verificação ergonômica*, analisa-se primeiramente a questão proposta e posteriormente se responde à pergunta ilustrada na **FIGURA 3.1**. As respostas podem ser:

- Não:** neste caso não é necessário analisar esse item, por não ter relação com o produto ou por já ter sido contemplado no estudo;
- Sim:** neste caso, significa que o produto necessita de um refinamento;
- Prioridade:** este campo será respondido após aplicação da lista de verificação, pela análise das questões que foram marcadas com

“Sim”. Destas, deve-se verificar qual ou quais devem ser revisadas com prioridade; e

- **Observações:** este campo se destina ao registro de informações e sugestões.

Na FIGURA 3.2, apresentam-se as questões que compõem a lista de verificação ergonômica embasada em CLARK & CORLETT [1984], BLANCHARD & FABRYCKY [1990], WEERDMEESTER & DUL [1995], COUTO [1996], INTERNATIONAL LABOUR OFFICE [1996] e GRANDJEAN [1998].

<p>BIOMECÂNICA</p> <ul style="list-style-type: none"> • O equipamento permite que as articulações fiquem na posição neutra? • O trabalho é mantido bem perto do corpo com o cotovelo baixo e com o braço dobrado em ângulo reto? • O trabalho acima do nível dos ombros é evitado? • O trabalho com as mãos atrás do corpo é evitado? • A postura inclinada para frente é evitada? • A postura com o tronco torcido é evitada? • O equipamento de trabalho permite variações de postura e de movimento? • O equipamento permite ao operador atividade sem movimentos bruscos e aplicações de força repentina? • Evita-se que o músculo chegue à exaustão? • Há um esforço físico significativo? 	<p>POSIÇÃO DE TRABALHO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Os seguintes critérios são atendidos na escolha pela posição de trabalho <u>sentada</u>? <ol style="list-style-type: none"> 1. Precisão nos controles e manipulação fina; 2. Trabalho estritamente visual com atenção prolongada; e 3. Trabalho com controles acionados pelos pés (a não ser que sejam com pouca frequência ou curta duração). • Os seguintes critérios são atendidos na escolha pela posição de trabalho <u>supina</u>? <ol style="list-style-type: none"> 1. Trabalho pesado, carregamentos volumosos; 2. Trabalho com freqüentes movimentos; 3. Não há espaço para os joelhos sob o equipamento; e 4. Trabalho com grande número de controles. • Há possibilidade de que a tarefa seja executada em ambas as posições? <p>Obs.: para qualquer das posições adotadas, deve-se atentar para os dados antropométricos adotados.</p>
<p>ANTROPOMETRIA</p> <ul style="list-style-type: none"> • As tabelas antropométricas foram adequadas para a aplicação específica? • Para o projeto do equipamento foram utilizadas tabelas antropométricas estáticas e/ou dinâmicas? • Foi considerado um percentil apropriado para o projeto do equipamento? • Há possibilidade de operadores com estaturas menores alcançarem materiais e controles na postura natural? 	

FIGURA 3.2. Lista de verificação ergonômica.

DIMENSIONAMENTO E ACESSIBILIDADE

Trabalho em pé

- O trabalho em pé permite variações de posturas e de movimentos – trabalho estático é evitado?
- Há possibilidade do trabalho em pé alternando com o trabalho na posição sentada?
- A altura da superfície de trabalho é adaptada à tarefa e antropometria?
- A altura da superfície de trabalho é regulável?
- O uso de plataformas pode ser evitado?
- Caso não se tenha uma altura de trabalho regulável, há possibilidade de se prever uma plataforma para operadores mais baixos?
- Existe espaço suficiente para acomodar pernas e pés?
- As zonas de alcance fora dos limites são evitados?
- Os limites do campo visual são respeitados?
- As alturas de alcance estão dentro dos limites apropriados?
- Existem superfícies de trabalho inclinadas?
- Há possibilidade de apoio para as mãos?
- Há possibilidade de que a tarefa seja executada em frente ao corpo com o cotovelo baixo e com o braço dobrado em ângulo reto?
- Foram previstos esteiras ou rolos para reduzir o manuseio manual de materiais?
- As aberturas para eventuais acessos estão adequadas em função de tamanho e localização?
- Há previsão de acessibilidade para as intervenções de manutenção?

DIMENSIONAMENTO E ACESSIBILIDADE

Trabalho Sentado

- A postura sentada é alternada com aquela em pé – trabalho estático é evitado?
- A cadeira e o assento são apropriados ao tipo de tarefa a ser executada?
- As alturas do assento e do encosto da cadeira são reguláveis?
- Os assentos tem características especiais adaptadas à tarefa futura?
- A altura da superfície de trabalho é adequada à tarefa e antropometria?
- Foi previsto no projeto conjugação entre a altura da cadeira e da superfície de trabalho?
- O operador alcança a peça sem ter que afastar o tronco da cadeira (ou inclinar o tronco para a frente)?
- Existe apoio adequado para os pés?
- Existe espaço suficiente para acomodar as pernas?
- Foram evitados os alcances fora das zonas limite?
- Os limites do campo visual são respeitados?
- Há possibilidade de superfície inclinada para realização da tarefa?
- O equipamento permite que a tarefa seja executada em frente ao corpo com o cotovelo baixo e com o braço dobrado em ângulo reto?
- Foram previstos esteiras ou rolos para reduzir o manuseio manual de materiais?
- Há necessidade de suportes ajustáveis para apoiar mãos e braços?
- As aberturas para eventuais acessos estão adequadas em função de tamanho e localização?
- Há previsão de acessibilidade para as intervenções de manutenção?

FIGURA 3.2. Lista de verificação ergonômica - continuação.

COMANDOS / CONTROLES

- Os controles utilizados seguem as orientações dos tipos de operações e tipos de controle em função da tarefa executada e a postura de operação?
- São utilizados controles que exijam rapidez e precisão com acionamento por dedos e mãos?
- São utilizados controles que exijam força com acionamento por movimento dos pés?
- Os controles utilizados são apropriados às características como forma, tamanho, cor e textura?
- O elemento de controle permite que a posição da mão esteja ao longo do eixo longitudinal do antebraço?
- A finalidade de cada controle está bem clara?
- Os controles podem ser discriminados apenas pelo tato?
- A localização é racional (prioridade; eficiência: postura, zonas de alcance, campo visual; segurança: emergência, operação acidental, tempo de acionamento)?
- A seqüência de operação prevista é da esquerda para a direita e de cima para baixo?
- Há divisão para acionamento de controles entre as mãos ou pés de acordo com a necessidade de comando simultâneo?
- Há espaço suficiente entre os controles?
- Há possibilidade de ordenar controles e instrumentos de leitura em grupos funcionais, caso não seja possível adotar uma seqüência?
- O controle e o respectivo instrumento de leitura estão o mais próximo possível? Caso contrário, seguem uma mesma ordem e padrão?
- As inscrições estão acima dos controles e dos instrumentos de leitura?
- A localização dos instrumentos de leitura seguem a critérios como: prioridade, segurança (emergência, atenção, velocidade, compatibilidade), conforto (postura, visibilidade, iluminação)?
- A disposição e o tamanho do painel estão corretos em relação à postura sentada ou em pé, alcance do braço e direção visual?

COMANDOS / CONTROLES/CABOS

- A ativação acidental é evitada?
- Os controles de maior importância situam-se dentro das áreas de alcance e visual ótimas?
- Os controles para a mão são facilmente alcançados a uma altura entre o cotovelo e ombros?
- O operador poderá alcançar os controles sem se curvar ou se expor ao perigo?
- Há previsão de “rebaixos” para encaixar os controles em painéis?
- Há previsão de coberturas para proteger os controles?
- Os pedais são usados apenas quando o uso das mãos é inconveniente?
- É possível restringir o uso de pedais para apenas ligar e desligar determinados procedimentos do equipamento?
- Os pedais satisfazem no que diz respeito à posição e ao tamanho e se limitam a dois para a posição sentada?
- A direção do movimento segue o estereótipo popular?
- Os cabos utilizados no equipamento estão devidamente identificados em função da tarefa a ser executada?
- Os conectores utilizados para os cabos permitem desconexão rápida?
- Conectores e cabos estão protegidos contra ação de umidade?

FERRAMENTAS

- Há necessidade do uso de ferramentas elétricas em tarefas que requeiram esforço freqüente?
- As ferramentas mais potentes apresentam segurança ao operador?
- As ferramentas possuem elementos que protejam contra choque elétrico?
- Existe possibilidade de minimizar os efeitos de ruídos e vibrações?
- As empunhaduras das ferramentas permitem acompanhar o eixo longitudinal do braço?
- As empunhaduras das ferramentas tem forma, espessura e comprimento adequados (prefer. cilíndricas)?
- Há local definido e dentro das áreas de alcance recomendadas, para as ferramentas e materiais?
- As ferramentas manuais não são muito pesadas?
- As ferramentas muito utilizadas são colocadas, se apropriado, na posição “suspensa”?

FIGURA 3.2. Lista de verificação ergonômica - Continuação.

FATORES AMBIENTAISClima

- Há possibilidade dos operadores controlarem o clima no ambiente de trabalho?
- O ar não fica muito seco ou muito úmido?
- As superfícies radiantes muito quente ou frias são evitadas?
- Um sistema de condicionamento do ar ou ventiladores se faz necessário?
- A velocidade do ar é adequada?
- As correntes de ar são evitadas?
- Os materiais manuseados não são muito quentes ou muito frios?
- As tarefas com o mesmo nível de exigência física são agrupadas?
- Há possibilidade de se controlar o efeito térmico junto ao equipamento?
- Há possibilidade da instalação de barreiras para proteção do operador de superfícies radiantes?
- Há previsão de roupas especiais para trabalho em temperaturas muito altas ou muito baixas?
- Haverá necessidade, em último caso, de se estabelecer pausas estratégicas ao operador?

FATORES AMBIENTAISSubstâncias químicas

- O equipamento é responsável por alterações da concentração de substâncias químicas fora dos limites de tolerância?
- As substâncias cancerígenas são evitadas?
- São evitadas exposições dos operadores aos picos de poluição?
- São evitadas as exposições a misturas de substâncias?
- A emissão de poluentes pode ser reduzida junto ao equipamento?
- A fonte de poluição pode ser isolada?
- O equipamento prevê o uso de sistema de exaustão do ar eficiente?
- Está previsto o uso de equipamentos de proteção individual, caso não haja outra solução?
- Haverá necessidade, em último caso, de se estabelecer pausas estratégicas ao operador?

FATORES AMBIENTAISRuídos

- O equipamento de trabalho é silencioso?
- O nível de ruído produzido pelo equipamento pode ser mantido abaixo de 80 dbA?
- O ruído gerado pelo equipamento poderá interferir na comunicação entre pessoas?
- Ruídos inesperados ou intermitentes são evitados?
- Fontes de ruído com predominância de frequências altas são evitadas?
- As fontes de ruído são mantidas a distância?
- Há previsão de “confinamento” de um equipamento barulhento?
- Os equipamentos com elementos giratórios estão equilibrados?
- Há possibilidade de redução do desconforto causado pelo ruído junto à fonte?
- O isolamento do equipamento, ou parte dele, é uma possibilidade a ser adotada na redução do ruído? Isto pode levar a um sobre aquecimento do equipamento?
- Há previsão de isolamento acústico por absorvedores de som entre ambientes ruidosos e silenciosos?
- Caso haja necessidade do uso de E.P.I., este poderá prejudicar a atividade do operador?
- Para o caso anterior, estão previstos o uso de sinais indicativos de emergência?
- Haverá necessidade, em último caso, de se estabelecer pausas estratégicas ao operador?
- O equipamento permite facilidade de manutenção para redução de ruídos?

FIGURA 3.2. Lista de verificação ergonômica - continuação.

FATORES AMBIENTAISIluminação

- Há previsão de zonas específicas do equipamento a iluminar?
- Há previsão de correta intensidade luminosa, conforme a exigência da tarefa?
- O tipo de iluminação é apropriado?
- O ofuscamento é evitado?
- Há previsão da localização conveniente das fontes de luz?
- Existe iluminação apropriada para tarefas de precisão?
- Evita-se a incidência frontal da luz?
- Há possibilidade de proteção da fonte luminosa para evitar visão direta?
- Evitam-se diferenças de brilho no campo visual?
- A informação é facilmente legível?
- Há possibilidade de ocorrerem reflexos e sombras?
- É utilizada luz difusa?
- O sistema de iluminação não provoca desconforto térmico ao operador?
- Evita-se a intermitência proveniente da iluminação fluorescente?
- O ponto luminoso não está instalado em um equipamento que vibra?
- Há necessidade de se consultar os operadores do equipamento?

FATORES AMBIENTAISVibrações

- São evitadas vibrações incômodas causadas pelo equipamento de trabalho?
- As vibrações decorrentes do equipamento se encontram em limites aceitáveis?
- O equipamento provoca vibrações dos braços?
- Foram previstas bases amortecedoras sob o equipamento?
- A vibração é isolada na fonte?
- Há previsão de barreiras para impedir transmissão de vibrações?
- As medidas para proteger o operador com o uso de EPI são deixadas como último recurso?
- Haverá necessidade, em último caso, de se estabelecer pausas estratégicas ao operador?
- O equipamento permite facilidade de manutenção para redução de vibrações?

MOVIMENTOSLevantamento de pesos, transporte de cargas

- As condições para levantamento de carga estão adequadas?
- É evitada a situação da rotação simultânea do tronco durante o levantamento de uma carga?
- Os volumes a serem levantados possuem empunhaduras adequadas?
- Foi previsto o uso de equipamentos auxiliares para o levantamento de pesos?
- A carga a ser transportada é mantida tão próxima do corpo quanto possível?
- Existem boas empunhaduras no equipamento para o transporte de cargas?
- O transporte com apenas uma das mãos é evitado?
- O equipamento propicia que para o transporte se utilizem as duas mãos, mantendo cargas simétricas?
- Os movimentos dos braços são executados de forma simétrica, em direções opostas, simultaneamente?
- O material a ser transportado possui limite na dimensão vertical?
- O equipamento permite que o peso do corpo seja colocado a favor do movimento?
- Foi previsto o uso de equipamentos auxiliares de transporte (principalmente para movimentar materiais pesados)?
- Há necessidade do uso de esteiras ou rolos deslizantes para minimizar o movimento de materiais?
- Estão minimizadas as diferenças de altura quando materiais são movidos manualmente?
- Há previsão da colocação de mobílias para armazenar materiais a serem ou já utilizados?

CORES

- A utilização de cores no equipamento segue os preceitos da norma?
- As cores claras predominam no corpo do equipamento?
- Há variação de cor em função do tipo de aplicação?
- Há preferência por utilização de cores foscas?
- As cores selecionadas permitem que se evite fadiga visual e desconcentração do operador?

FIGURA 3.2. Lista de verificação ergonômica - continuação.

SEGURANÇA

- Na solução escolhida, as funções são executadas de forma segura e confiável?
- Há previsão do uso de proteção por dispositivos como sinalização, cobertas, guardas interligadas de segurança, limitação de curso, comando bimanual?
- Os controles de emergência estão em zona de fácil acesso e boa visibilidade em função da postura adotada pelo operador?
- Todas as partes de alimentação do equipamento, inclusive a elétrica, são seguras e estão protegidas?
- Há previsão de aterramento do equipamento?
- Há necessidade da previsão de anteparos?
- Foram eliminadas as possibilidades da distração do operador devido a outras máquinas ou ações de operadores em regiões vizinhas?
- Ferramentas especiais para alimentação ou retirada de um componente do equipamento são necessárias?
- Estão previstas indicações visuais de perigo?
- Estão previstas indicações audíveis?
- Há necessidade do uso de esteiras deslizantes?
- Os materiais são alimentados por gravidade até o local de uso?
- As peças acabadas são retiradas do equipamento por gravidade?
- Há possibilidade do equipamento contar com dispositivo especial para ejeção?
- Os mecanismos de transmissão e dos órgãos móveis estão protegidos?
- Os dispositivos ou elementos previstos à proteção do operador podem causar incômodo ou prejudicar o funcionamento do equipamento?
- Evitam-se cantos angulosos ou cantos “vivos” no equipamento?

PROTEÇÃO INDIVIDUAL

- É possível adotar medidas organizacionais para proteção do operador do equipamento?
- Há previsão da utilização de equipamentos de proteção individual adequado ao tipo de exposição que se prevê?
- Há previsão da utilização de roupas, luvas protetoras e máscaras de gás e poeira?
- O operador utilizará equipamentos adequados contra ruídos?
- A higiene pessoal é considerada?

FIGURA 3.2. Lista de verificação ergonômica - continuação.

A lista de verificação preocupou-se com a ênfase da ergonomia no sistema homem-máquina-tarefa (objetivo desta dissertação), ou mais precisamente no relacionamento do usuário com seu equipamento de trabalho. A separação da *lista de verificação ergonômica* em atributos tem o intuito de auxiliar a simplificação das análises.

A ferramenta *termo de referência para equipamentos* subsidiará a aplicação da *lista de verificação ergonômica*, principalmente no momento de dúvidas. Além do mais, especialistas da área podem e devem ser consultados. As implicações ergonômicas devem ser consideradas e discutidas por toda a equipe do projeto desde o seu início: *é necessária a cooperação entre estes*.

A contribuição dessa ferramenta consta do fato de que muitas informações, como as contidas na *lista de verificação ergonômica* da FIGURA 3.2, encontram-se na literatura em língua estrangeira (fato este apontado como problema

em BRASIL [1997]), além do que a literatura disponível em português se apresenta genérica, não tão voltadas para o projeto ergonômico de máquinas e equipamentos.

Nota-se também que listas de verificação ergonômicas são muito utilizadas para realizar correções em produtos que estão na fase de uso ou então recomenda-se o uso dessa ferramenta no processo do projeto, sem com isto indicar quando e como utilizar essa ferramenta em uma metodologia de projeto. Assim, utilizar essa ferramenta em um processo ergonômico de concepção, em um método de projeto, é sua outra contribuição.

3.6. Análise Ergonômica no Trabalho

Após aplicação da *lista de verificação ergonômica* e a realização de atividades previstas no método apresentado no **CAPÍTULO 4**, pode-se confeccionar um modelo e/ou protótipo do produto. Para o teste desse modelo e/ou protótipo, tem-se a ferramenta *análise ergonômica no trabalho*, que auxilia no prognóstico e detecção de outros problemas de natureza ergonômicos.

Em SANTOS & FIALHO [1997], pode-se encontrar informações sobre o procedimento sistemático para aplicação da ferramenta ao desenvolvimento do projeto ergonômico de máquinas e equipamentos. Uma planilha para o levantamento de dados utilizados em ergonomia também pode ser encontrada, facilitando a análise da tarefa e atividade no posto de trabalho.

A análise ergonômica no trabalho permite refinamento da concepção selecionada pois, além de verificar se estão sendo satisfeitas as considerações ergonômicas do termo de referência para equipamentos, permite prognosticar e corrigir outros problemas que possam vir ser identificados.

Concluída a realização da *análise ergonômica no trabalho*, poderão ser estabelecidas as descrições definitivas para a disposição dos elementos, formas, medidas, acabamentos superficiais, materiais, re-exame do projeto e custos de fabricação, segundo PAHL & BEITZ apud BACK & FORCELLINI [1997].

3.7. Conclusão

As contribuições das ferramentas estudadas neste capítulo podem ser analisadas sob o ponto de vista de SANTOS *et al* [1997b], que dizem ser necessário

desenvolver métodos de análise para prognosticar problemas ergonômicos, já que muitas vezes a situação de trabalho ainda não existe e as atividades não podem ser analisadas de forma preliminar.

A utilização dessas ferramentas, associadas a um método de projeto, permitirá levar a *ergonomia de correção* (propondo recomendações para implantar modificações nos meios de trabalho existentes), à *ergonomia de concepção*, englobando elementos metodológicos de recomendações normativas, ferramentas ergonômicas e especificações para cada situação em particular.

O próximo capítulo apresenta a proposta para a integração da concepção ergonômica no desenvolvimento do projeto de máquinas e equipamentos, detalhando o método em suas fases, atividades e ferramentas utilizadas.

CAPÍTULO 4. O MÉTODO PROPOSTO

No capítulo anterior, estudaram-se as ferramentas de projeto que são estruturadas no método apresentado nesse capítulo. Dentre muitas ferramentas encontradas, optou-se pelas apresentadas no CAPÍTULO 3 face à sua simplicidade e ampla utilização em trabalhos encontrados na literatura. Além disso, MORAES & MONT'ALVÃO [1998] ressaltam a importância do uso de ferramentas de engenharia no desenvolvimento do processo do projeto, já que somente o uso de recomendações, *guidelines*, *checklists* ou padrões ergonômicos não permitem analisar e projetar um sistema.

Destaca-se nesse trabalho a *ergonomia americana* (preocupada com os aspectos anatômicos, antropométricos e fisiológicos do organismo humano na concepção de máquinas), entretanto com passo em direção à *ergonomia européia* (sobretudo francesa), pois as ferramentas utilizadas nesta dissertação priorizam de certa maneira as condicionantes da tarefa e atividades dos usuários/operadores ao realizarem suas tarefas. A ergonomia européia enfatiza mais os aspectos psicológicos e cognitivos, orientando-se essencialmente em direção à organização do trabalho. As duas ergonomias não são contraditórias, mas complementares.

A estrutura do projeto proposta está embasada na ergonomia como forma de tecnologia, pois compreende a aplicação de tecnologia da interface usuário-sistema a projeto ou reprojeto de produtos, para aumentar a segurança, conforto e eficiência do sistema e da qualidade de vida. Como diferenciação da proposta de projeto apresentada em MORAES & MONT'ALVÃO [1998], acrescentam-se, além do uso de ferramentas ergonômicas, ferramentas de engenharia à estrutura do processo do projeto de produto.

4.1. O Método Proposto

MORAES & MONT'ALVÃO [1998] lembram que durante o planejamento do projeto deve-se evitar a situação costumeira de sair em busca da solução. Na ânsia de "não perder tempo", acaba-se por eliminar fases e deixar de seguir alguns passos do planejamento, tornando-o falho e obscuro. Os projetistas devem ser criteriosos no planejamento do projeto, obtendo o máximo de informações possível. Deixando de obter essas informações, ou sendo elas obscuras, tem-se perda de eficiência

no projeto, retornos fazem-se necessários, ou mesmo pode ocorrer a impossibilidade da realização do projeto.

O método apresentado está embasado em métodos clássicos encontrados na literatura. Analisando-os, verifica-se que existe distinção clara entre suas fases de projeto. Entretanto, essas fases são semelhantes entre autores: estudo da viabilidade, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado. O que basicamente difere é a forma na qual estão estruturadas as propostas.

Normalmente, é um processo que envolve o trabalho de diversos profissionais, inclusive os de ergonomia, que devem atuar desde as etapas iniciais do projeto, pois, às vezes, fica muito mais difícil e caro corrigir um defeito, ergonômico ou não, do que procurar alternativas para evitá-lo, desde o início. O método apresentado na FIGURA 4.1 de forma resumida, está embasado nos seguintes trabalhos: BACK [1983], FIOD NETO & BACK [1990] e MORAES & MONT'ALVÃO [1998].

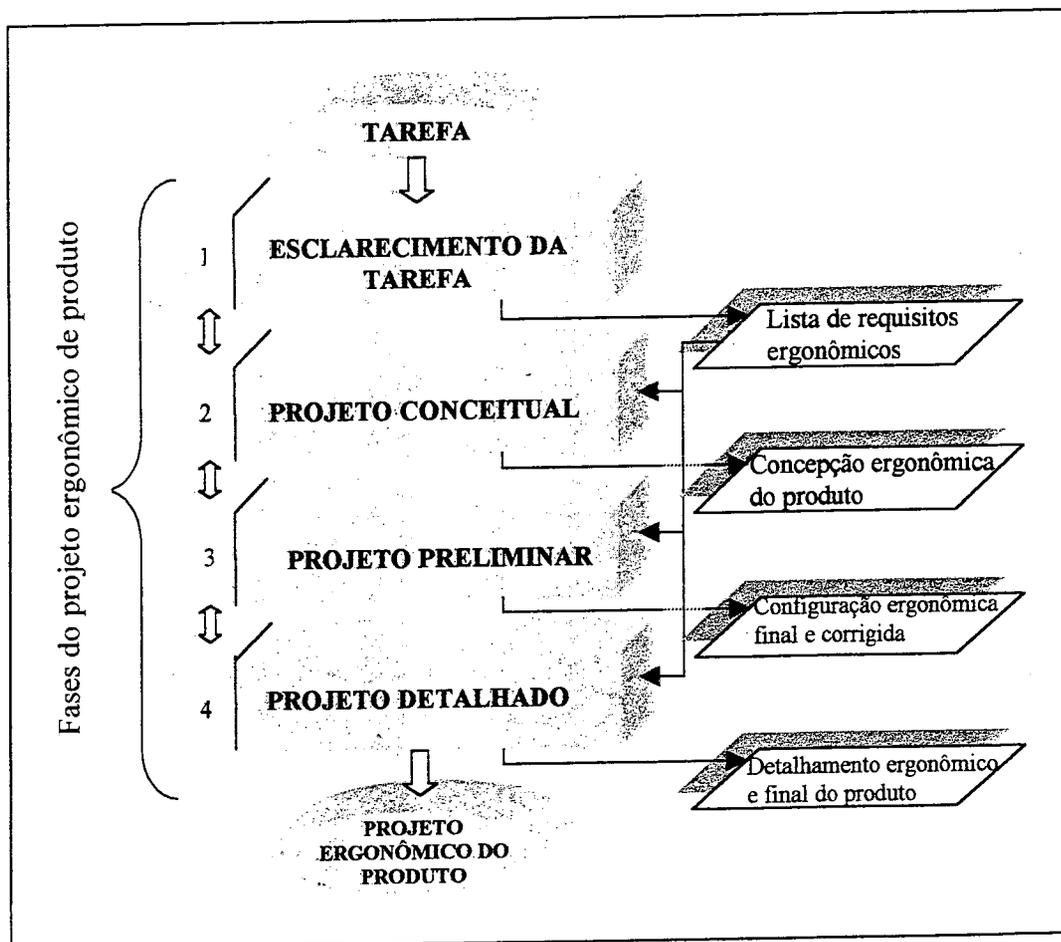


FIGURA 4.1. Estrutura do processo do projeto - Adaptado de BACK [1983], FIOD NETO & BACK [1990] e MORAES & MONT'ALVÃO [1998].

A primeira fase do projeto inicia com o esclarecimento da tarefa, seguindo pelo projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado. Nesta última fase, obtém-se um conjunto de informações que subsidiarão as etapas seguintes do desenvolvimento do produto, ou seja, o processo de fabricação e uso do produto, até o seu descarte.

A estrutura do projeto apresentada é dividida em quatro fases e a cada uma estão atribuídas atividades a serem realizadas, enfatizando-se as ergonômicas, com entrada e saída de informações. A informação trabalhada gera uma de saída, indicada à direita da FIGURA 4.1.

A informação de saída deve ser analisada para se determinar o prosseguimento do processo ou repetição de fases anteriores, a fim de se obterem melhores resultados. Tal mecanismo propicia a regulação dos sistemas ou a volta a um determinado ponto do fluxo do processo do projeto para que se façam correções de falhas ou desvios, ou correções nos planos iniciais que se tornarem necessárias.

Observa-se na FIGURA 4.1 que a lista de requisitos ergonômicos, informação de saída da primeira fase de projeto, orienta o trabalho a ser desenvolvido nas fases subsequentes, acompanhando o atendimento das necessidades e requisitos impostos ao produto.

No item seguinte, detalham-se as fases do projeto, cuja estrutura possui características das seguintes metodologias citadas na literatura da área do projeto de produto: ASIMOW apud BACK & FORCELLINI [1997], PAHL & BEITZ [1988], VDI 2221 apud FIOD NETO & BACK [1990] e MORAES & MONT'ALVÃO [1998].

4.2. Detalhamento do Método

O ponto de partida para o desenvolvimento do projeto ergonômico de máquinas ou equipamentos é a delimitação ergonômica do sistema homem-máquina-tarefa em foco, tanto em reprojeto quanto projeto de sistema novo. É a atividade inicial da primeira fase de projeto, o *esclarecimento da tarefa*.

Na TABELA 4.1, podem-se verificar com detalhes as fases da estrutura do processo do projeto ergonômico de máquinas e equipamentos, contendo as atividades e ferramentas do projeto, além das informações obtidas com o fluxo do projeto.

TABELA 4.1. Detalhamento da estrutura do processo do projeto ergonômico de máquinas e equipamentos.

Fases	ESCLARECIMENTO DA TAREFA	PROJETO CONCEITUAL	PROJETO PRELIMINAR	PROJETO DETALHADO
Atividades	<p>Esclarecer a tarefa, dando destaque à ergonomia;</p> <p>Sistematizar ergonomicamente o sistema h.-m.-t.;</p> <p>Problematizar ergonomicamente o sistema h.-m.-t.;</p> <p>Obter as necessidades gerais e ergonômicas de usuários/operadores;</p> <p>Definir os requisitos gerais e ergonômicos do projeto;</p> <p>Analisar o mercado; e</p> <p>Elaborar lista com as especificações gerais e ergonômicas do projeto.</p>	<p>Estabelecer a função total;</p> <p>Estabelecer estrutura ergonômica de funções;</p> <p>Selecionar uma estrutura ergonômica de funções;</p> <p>Pesquisar princípios de solução ergonômicos;</p> <p>Combinar variantes de concepção;</p> <p>Selecionar a melhor concepção segundo critérios ergonômicos e técnicos e</p> <p>Detalhar a concepção ergonômica obtida.</p>	<p>Refinar a concepção selecionada segundo critérios ergonômicos e técnicos</p> <p>Selecionar os materiais apropriados, processo de fabricação;</p> <p>Definir dimensões ergonômicas básicas do produto e componentes;</p> <p>Construir modelo e/ou protótipo;</p> <p>Testar a concepção, verificar pontos ergonômicos fracos e corrigi-los;</p> <p>Desenvolver a configuração ergonômica final do produto; e</p> <p>Elaborar documentos.</p>	<p>Adaptar às normas ergonômicas;</p> <p>Realizar um re-exame do projeto dando destaque à ergonomia;</p> <p>Completar e detalhar ergonomicamente desenhos;</p> <p>Finalizar detalhes; e</p> <p>Revisar documentação.</p>
Fluxo do projeto	<p>Necessidades ergonômicas → Lista de requisitos ergonômicos</p>	<p>Estabelec. da função total → Concepção ergonômica do produto</p>	<p>Concepção ergonômica do produto (melhorada) → modelo e/ou protótipo → Configuração ergonômica final do produto</p>	<p>Configuração ergonômica final do produto → Detalhamento ergonômico e documentação final do produto</p>
Ferramentas específicas	<p>↑</p> <p>Q.F.D.</p>	<p>↑</p> <p>Síntese Funcional</p>	<p>↑</p> <p>Lista de Verif. Ergon.</p>	<p>↑</p> <p>A.E.T.</p>
Ferramentas gerais	<p>Normas ergonômicas</p> <p>Termo de Ref./Equip.</p>			

Na primeira fase do processo do projeto tem início a identificação da tarefa, dando destaque à ergonomia. Aí, procura-se obter a maior quantidade de informações possíveis sobre essa tarefa, permitindo uma definição clara e objetiva do problema que se tem. RUDIO apud MORAES & MONT'ALVÃO [1998] descreve que embora a formulação do problema possa parecer, às vezes, atividade cansativa e monótona, é exigência imprescindível para que possam surgir as outras fases do método. Afirma que se não houver formulação bem feita do problema, não se saberá qual solução se procura e assim será impossível encontrá-la.

Portanto, o *esclarecimento da tarefa começa* com a confrontação ergonômica com o problema colocado, clarificando a tarefa de maneira ampla e exaustiva, minimizando correções futuras no desenvolvimento do projeto. O resultado dessa fase é a elaboração da *lista de requisitos* do projeto, contendo as especificações gerais e ergonômicas, conforme ilustra o fluxo do projeto na TABELA 4.1. A ferramenta que permitirá obter a lista de especificações ergonômicas e sua classificação por importância é o *desdobramento da função qualidade*, aplicada durante o desenvolvimento dessa fase para obterem-se as necessidades gerais e ergonômicas dos usuários/operadores (tema abordado em BACK & FORCELLINI [1997]).

Os requisitos do projeto são elaborados a partir de necessidades gerais e ergonômicas dos usuários/operadores e são formados por características que o produto deve ter para que sejam atingidos os objetivos pretendidos.

Como seqüência de atividades ergonômicas a serem desenvolvidas nessa fase do projeto, pode-se salientar:

- a sistematização ergonômica do sistema homem-máquina-tarefa;
- a problematização ergonômica do sistema homem-máquina-tarefa; e
- a obtenção das necessidades ergonômicas do produto, que logo serão traduzidas em linguagem de requisitos de projeto (preferencialmente requisitos mensuráveis).

A seqüência anteriormente citada pode ser aplicada para a obtenção não somente de necessidades ergonômicas, mas também das de engenharia.

Com relação à sistematização ergonômica, MORAES & MONT'ALVÃO [1998] apresentam uma seqüência de estudo para essa análise: o *ambiente do sistema* (composto pelo sistema alvo, a meta do sistema, o sistema alimentador, as entradas e saídas do sistema homem-máquina e o sistema ulterior); o *modelo de comunicação homem-máquina* e por fim a elaboração do *diagrama funcional ação-decisão*.

Para a problematização ergonômica do sistema homem-máquina-tarefa, devem-se fazer observações no local de trabalho, entrevistas, verbalização e aplicação de questionários com supervisores e trabalhadores, podendo-se utilizar recursos fotográficos e filmagens para registro de comportamentos. Registram-se freqüências, seqüências e duração de posturas assumidas, tomada de informações, acionamentos, comunicações e deslocamentos. A própria simulação da atividade de trabalho por empatia deve ser considerada. Essas atividades permitem a análise ergonômica da tarefa

e atividade do posto de trabalho, contemplando os aspectos psicológicos e cognitivos do trabalhador. Em MORAES & MONT'ALVÃO [1998] e BAXTER [1998] encontram-se mais informações sobre essas ferramentas.

Se a empresa estiver realizando um projeto de produto novo, porém existente no mercado, as atividades anteriormente citadas poderão ser realizadas junto a máquinas e equipamentos (até mesmo similares) que estão sendo utilizados no mercado ou em estabelecimentos comerciais. Essa situação ocorreu com o exemplo de desenvolvimento do produto ergonômico a ser apresentado no **CAPÍTULO 5**. BAXTER [1998] descreve também casos em que empresas adquirem todos os produtos concorrentes para serem analisados.

Após a problematização ergonômica do sistema homem-máquina-tarefa, enumeram-se, por categorias, os problemas ergonômicos encontrados e, por conseguinte, as necessidades ergonômicas do projeto. Estas categorias encontram-se como sugestão em MORAES & MONT'ALVÃO [1998]. Ferramentas como *termo de referência para equipamentos* e a própria experiência dos projetistas são úteis nesse momento.

Concluído o passo anterior, pode-se ainda obter recomendações ergonômicas à máquina ou equipamento que se projeta, para orientar e serem utilizadas na próxima fase do desenvolvimento do projeto.

O *projeto conceitual* é fase importante do processo do projeto, pois as tomadas de decisão resultantes dela se refletem na maior parte dos custos do produto. Elaboram-se possíveis soluções ergonômicas para se atender às especificações do projeto. Suas atividades podem ser verificadas na **TABELA 4.1**, onde as ferramentas *síntese funcional* (aplicada logo no início da atividade) aliada ao *método da matriz morfológica*, permitirá que se obtenha a concepção ergonômica do produto, que será melhorada na próxima fase do projeto.

A ferramenta *síntese funcional*, na etapa de elaboração de estruturas ergonômicas funcionais, assemelha-se ao diagrama funcional ação-decisão realizado no momento da sistematização ergonômica do sistema homem-máquina-tarefa, na primeira fase do projeto. O que difere é que a ferramenta deve agora ser enfocada na seqüência ergonômica de funções do processo da máquina ou equipamento. O ponto de partida para a determinação das funções do sistema é a análise dos requisitos gerais e ergonômicos do projeto, bem como as entradas e saídas do sistema técnico.

Para a seleção da estrutura ergonômica funcional, pode-se utilizar a lista de requisitos e a experiência dos projetistas. Já para a seleção da melhor concepção ergonômica, elaborada em conjunto com o termo de referência para equipamentos e experiência dos projetistas, têm-se na literatura ferramentas para essa atividade, que seguem normalmente as necessidades e/ou requisitos de projeto. Para a análise econômica deve-se recorrer à literatura apropriada, pois foge do objetivo deste trabalho.

O *projeto preliminar* engloba mais passos corretivos do que criativos, segundo SELL apud COBO [1994]. A ergonomia tem presença constante nessas atividades, melhorando a concepção que foi selecionada na fase de *projeto conceitual*, até obter-se a configuração ergonômica final do produto, que vai subsidiar as atividades da fase seguinte do projeto, preparando as especificações para a fabricação.

A primeira ferramenta que se utiliza é a *lista de verificação ergonômica*, no início das atividades dessa fase do projeto, proporcionando ajustes ergonômicos corretivos na concepção selecionada, por meio da aplicação de questionário de atributos ergonômicos.

Durante a fase do *projeto preliminar*, faz-se a seleção de materiais e se estabelece, genericamente, o processo de fabricação e montagem do produto. Definem-se as dimensões ergonômicas básicas do produto e seus componentes.

Tendo a concepção corrigida segundo atributos ergonômicos, pode-se fazer a construção de modelos (maquetes ou *mock-ups*) e/ou protótipos com o objetivo de se testar a concepção, verificar pontos ergonômicos fracos (manifestações contrárias e incompatíveis com os requisitos do projeto) e corrigi-los. A ferramenta que auxilia essas atividades é a *análise ergonômica no trabalho*. A opção de escolha entre modelo e/ou protótipo deve ser feita segundo objetivos que se pretende atingir e de acordo com a complexidade do produto.

A *confeção e teste do modelo* destinam-se a verificar a configuração ergonômica geral do produto, sua estética, postura do operador, alcance dos movimentos, visibilidade, posicionamento dos mostradores e controles, cantos vivos, acoplamento com outras máquinas e equipamentos e assim por diante. A vantagem, segundo IIDA [1992], é que as modificações podem ser introduzidas rapidamente e a baixo custo, pois o modelo é feito com materiais leves, flexíveis e facilmente moldáveis. O uso de manequins é recomendado nessa atividade.

A *construção e teste do protótipo*, envolvendo os mecanismos e materiais que deverão fazer parte do produto real, permite a correção dos últimos problemas ergonômicos detectados com a aplicação da *análise ergonômica no trabalho*. A máquina ou equipamento são submetidos a testes ergonômicos, preferencialmente junto ao futuro usuário/operador, nas várias condições onde o posto de trabalho será instalado. Com isso, consegue-se a participação desses usuários/operadores nas decisões relativas à solução ergonômica a ser implementada, detalhada e implantada. Havendo necessidade, pode-se revisar a lista de verificação ergonômica em seus aspectos tidos como *críticos*.

A atividade de construção do modelo ou protótipo permite unir ainda mais a equipe de manufatura e montagem com a de projeto, ajudando a detectar erros e pontos fracos do produto ainda na fase do processo de desenvolvimento do projeto.

O *projeto preliminar* se encerra com uma configuração ergonômica corrigida, final e detalhada, atendendo aos requisitos gerais e ergonômicos estabelecidos na primeira fase do projeto.

Finalmente, o *projeto detalhado* estabelece o detalhamento ergonômico e a documentação definitiva do produto, considerando muitos fatores ergonômicos (forma, dimensões, materiais, disposição dos elementos, acabamentos superficiais, fixação, processos de fabricação, montagem, transporte, cores, entre outros). Seu objetivo é o de estabelecer uma documentação direcionada ao processo de fabricação, montagem e transporte do produto. Pode-se enfatizar a utilização da *normalização ergonômica*, conforme mostra a TABELA 4.1. Elabora-se o manual do usuário (dando destaque à ergonomia) contendo informações sobre segurança, uso do produto, riscos de mau uso, programa de limpeza e manutenção e outras recomendações que a equipe de projeto considerar necessárias. Em BACK [1983], pode-se obter mais informações sobre as atividades dessa fase do processo do projeto.

Cabe ressaltar que podem-se elaborar outras ferramentas que subsidiarão ainda mais o desenvolvimento do projeto ergonômico de máquinas e equipamentos, bem como o momento de sua aplicação. Entre estas, pode-se desenvolver ferramentas que enfatizem a organização do trabalho e as exigências cognitivas.

Pode-se ainda fazer referência a mais duas informações: primeiro, observa-se na TABELA 4.1 que as ferramentas ergonômicas *normas* e *termo de referência para equipamentos* são aplicadas ao longo da estrutura do processo do

projeto. Porém, percebe-se que a ênfase vai aumentando para as *normas ergonômicas*, no sentido do fluxo do projeto e o oposto ocorre para o *termo de referência para equipamentos*; segundo, ao final de cada fase do projeto deve-se fazer a seguinte pergunta: *Validado?* Esta tomada de decisão permite avaliar a fase do projeto em que se está, determinando a conveniência de avançar ou não para a próxima fase.

4.3. Conclusão

De BARROS [1996] pode-se verificar a contribuição do método elaborado que enfatiza a ergonomia na concepção de todo o produto, e não somente na *correção* do produto, como se pode observar em grande parte da literatura. A ergonomia de produto ou de concepção é aquela que intervém na fase preliminar de concepção do produto, participando, juntamente com outras especialidades, dos estudos e pesquisas que definirão as propriedades e características do mesmo. O profissional de ergonomia que trabalha nesta fase do projeto atua de forma preventiva desde a concepção do produto, consciente da necessidade de desenvolver estudos aprofundados que reduzam ao mínimo o aparecimento de problemas de uso, sempre ciente da possibilidade da multiplicação dos erros e acertos de suas decisões.

Nota-se que a proposta apresentada se mostra útil à ergonomia, permitindo o desenvolvimento do processo do projeto ergonômico de produtos, utilizando-se ferramentas tanto de ergonomia como de engenharia. Ferramentas ergonômicas como a *lista de verificação*, a *análise ergonômica no trabalho*, as *normas* e o *termo de referência para equipamentos*, bem como a previsão de atividades ergonômicas a serem desenvolvidas nas fases do projeto (vide TABELA 4.1), apropriam os conceitos fundamentais da ergonomia ao projeto de produtos.

O próximo capítulo apresenta a aplicação da proposta deste trabalho ao desenvolvimento do projeto ergonômico de uma máquina de moer cana, em trabalho acadêmico desenvolvido na Universidade Federal de Santa Catarina e disciplina do curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

CAPÍTULO 5. APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO

Após estudo das ferramentas utilizadas na metodologia de desenvolvimento do processo do projeto ergonômico de máquinas e equipamentos, pode-se realizar a aplicação desta proposta sob forma de estudo de caso. Nesse sentido, o **CAPÍTULO 5** apresenta a aplicação da proposta de trabalho desta dissertação.

5.1. Apresentação do Produto

O caldo de cana é bebida nutritiva muito popular no Brasil, consumida por homens e mulheres de todas as idades e classes sociais, especialmente nos períodos mais quentes do ano. A venda deste produto é atividade difundida entre vendedores de rua em todo o país. No entanto, tem pouca aceitação em restaurantes, lanchonetes e supermercados. A razão para tal fato está ligada ao aspecto da pouca higiene do processo, alto ruído que provoca e grandes dimensões necessárias para operação das respectivas moendas - máquina utilizada para a produção do caldo de cana. Além disso, existem atualmente no mercado poucos modelos de moendas destinadas à produção de caldo de cana em recintos fechados.

Assim, o projeto que se pretende estudar consta de uma *moenda de cana*, máquina esta que deve atender a requisitos ergonômicos, além de permitir que fatores como adequação à fabricação, confiabilidade, montagem, manutenção, transporte, segurança contra falhas, tolerâncias, entre outros, sejam aplicados ao projeto, conforme proposta inicial desta dissertação. Apesar da simplicidade, o produto a ser projetado é suficiente para que se testem as ferramentas e o método proposto.

O referido projeto, encontrado em SILVA JUNIOR et al [1999], foi realizado em disciplina do curso de Pós-graduação em Engenharia de Produção e na disciplina "Projeto Conceitual".

5.2. Proposta de Projeto

As moendas de cana encontradas no mercado muitas vezes não solucionam de forma satisfatória alguns problemas como atração de insetos, sujeira

causada pelo bagaço da cana, adequação do tamanho, peso, aparência da máquina, ruído, entre outros. Esses são os principais motivos que levam à pouca aceitação dessa máquina em recintos fechados, como restaurantes, por exemplo.

Identifica-se então a necessidade de se ter uma máquina compacta e silenciosa, que possibilite manter um processo limpo para a produção do caldo de cana e, é claro, que tenha aparência adequada e preço acessível.

Propõe-se neste trabalho o desenvolvimento ergonômico de uma nova máquina para produzir o caldo de cana em recintos fechados, sem os inconvenientes citados, de modo a reverter a pouca aceitação de tal produto. Além disso, deve-se considerar as fortes características das máquinas concorrentes, de forma a mantê-las, ou apresentar algumas melhorias. Em relação aos pontos fracos, deve-se procurar superá-los.

5.3. Esclarecimento da Tarefa

Seguindo a metodologia de projeto apresentada no **CAPÍTULO 4**, desenvolve-se o *esclarecimento da tarefa*, que tem por objetivo obter a lista de requisitos, incluindo os ergonômicos. Para isso, inicialmente se estabelece a sistematização ergonômica do sistema homem-máquina-tarefa, ilustrada no **ANEXO 1**, seguindo orientações de MORAES & MONT'ALVÃO [1998]. A sistematização ergonômica foi elaborada pelas análises da tarefa e atividade em máquinas *moenda de cana* encontradas no mercado. Convém salientar que alguns passos adotados no diagrama funcional ação-decisão podem variar, conforme modelo da máquina. Entretanto, o diagrama apresentado é suficiente para as análises do estudo que ora se propõe.

A seguir, fez-se o estudo da problematização ergonômica do sistema homem-máquina-tarefa. Para tal atividade, foram identificados os clientes relacionados com o produto, percorrendo-se o ciclo de vida do mesmo. Os clientes foram classificados segundo definição encontrada em BACK & FORCELLINI [1997], como mostra a **TABELA 5.1**.

TABELA 5.1. Os clientes e a forma de contato para descoberta das necessidades do projeto.

CLASSIFICAÇÃO	CLIENTES IDENTIFICADOS	CONTATO
Cliente interno	<ul style="list-style-type: none"> • Empresa responsável pela manufatura da máquina. 	Contato por correio eletrônico e simulação por empatia.
Cliente intermediário	<ul style="list-style-type: none"> • Empresa responsável pelo transporte da máquina; e • Empresa responsável pela venda da máquina. 	Simulação por empatia.
Cliente externo	<ul style="list-style-type: none"> • Proprietário ou não de estabelecimento; • Usuário/operador da máquina; e • Consumidor do caldo de cana. 	Entrevistas, análises, questionamentos, observações e simulação por empatia.

Fonte: SILVA JUNIOR et al [1999].

A identificação dos clientes auxiliou na obtenção das necessidades ergonômicas do projeto. Entretanto, de acordo com a proposta deste trabalho, a problematização ergonômica do sistema homem-máquina-tarefa foi realizada junto ao cliente externo. Foram entrevistados donos de restaurantes e lanchonetes, alternando entre os que já possuem máquinas similares e os que não utilizam esse produto.

Pela dificuldade de acesso a alguns clientes, lançou-se mão da ferramenta conhecida por *empatia*, na qual os integrantes da equipe do projeto se colocavam como fabricante, transportador, revendedor e até usuário da máquina.

Seguindo orientações de MORAES & MONT'ALVÃO [1998] e utilizando a ferramenta ergonômica *termo de referência para equipamentos*, pôde-se destacar os seguintes problemas ergonômicos:

- Problemas de interface: a tarefa exige adoção de posturas prejudiciais devido ao campo visual e distâncias de alcances para a colocação da cana na máquina, retirada do caldo, limpeza da peneira e saída e condicionamento para descarte do bagaço. Além disso, os controles são mal posicionados e a visualização do nível de caldo armazenado fica, em determinadas máquinas, fora do campo visual;
- Problemas de instrumentos: dificuldade da tomada de informações e acionamento em algumas máquinas, devido à disposição física inadequada dos controles e da retirada do caldo;
- Problemas de acionamento: constrangimentos biomecânicos devido à inexistência de empunhaduras em algumas máquinas para eventuais deslocamentos e atividades de limpeza;

- Problemas de movimento: possibilidade de haver lesões musculares devido ao excesso de peso e compactação de algumas máquinas para a realização de deslocamentos;
- Problemas físico-ambientais: desconforto causado por ruído e vibração em algumas máquinas, além da presença de insetos; e
- Problemas relacionado a acidentes: possibilidade de causar acidentes devido à inexistência de dispositivos de proteção que evite acesso à máquina em funcionamento, choques elétricos e a presença de quinas e arestas cortantes.

Realizada a problematização ergonômica do sistema homem-máquina-tarefa, elaboraram-se as necessidades ergonômicas do processo do projeto. Estas podem ser encontradas no ANEXO 2, junto com as demais necessidades na matriz do *desdobramento da função qualidade*.

Para aplicação da *Casa da Qualidade*, ferramenta prevista na metodologia para classificar os requisitos do projeto obtidos a partir das necessidades dos clientes, separaram-se as necessidades segundo atributos, como uso, manufatura, higiene e listaram-se requisitos necessários à satisfação dos clientes. A *Casa da Qualidade* está representada no ANEXO 2 desse trabalho. Convém salientar que alguns campos não se encontram preenchidos por impossibilidade de obter tais informações.

Ao se realizar um desenvolvimento de projeto, deve-se ter em mente que muitas decisões tomadas envolvem compromisso. Por isso, procura-se obter no produto os requisitos estabelecidos pela *Casa da Qualidade*. Entretanto, um fator que poderá prejudicar esse compromisso é o relacionamento conflitante, mostrado no telhado da *Casa da Qualidade*. Deve-se atentar ao máximo para esses conflitos e obter uma solução de compromisso com o problema do projeto.

As especificações do projeto ergonômico da moenda de cana, na forma de lista de requisitos, e as especificações dos sensores que foram elaborados, encontram-se nos ANEXOS 3 e 4, respectivamente.

Na aplicação desta ferramenta, subsidiada pelo *termo de referência para equipamentos* e da mesma forma pela experiência dos projetistas, obtiveram-se algumas necessidades ergonômicas. Entre elas, pode-se citar: *baixa intensidade de vibração, baixo ruído, fácil descarte do bagaço, fácil alimentação da cana, fácil retirada do caldo, fácil limpeza da peneira, fácil limpeza geral, evitar atração de insetos, apresentação adequada, evitar choques elétricos, não ter quinas e arestas cortantes,*

evitar acessos com a máquina em funcionamento, clareza dos controles/comandos, baixo peso, forma compacta, entre outros, que de alguma forma se relacionam com a ergonomia.

Seguindo a idéia do item anterior, a ferramenta também proporcionou obtenção de requisitos da qualidade, onde se evidenciaram os ergonômicos. Citam-se o *nível de ruído, temperatura da máquina, antropometria, dispositivos de segurança, inexistência de cantos vivos, peso limitado*, entre outros.

5.4. Projeto Conceitual

De acordo com a metodologia apresentada no **CAPÍTULO 4**, descrevem-se nesse item os resultados obtidos na aplicação da segunda fase do desenvolvimento do projeto ergonômico da moenda de cana: o projeto conceitual.

Para a determinação da função global do produto, analisaram-se o fluxo de energia, material e informação da máquina moenda de cana. A **FIGURA 5.1** ilustra o resultado dessa atividade.

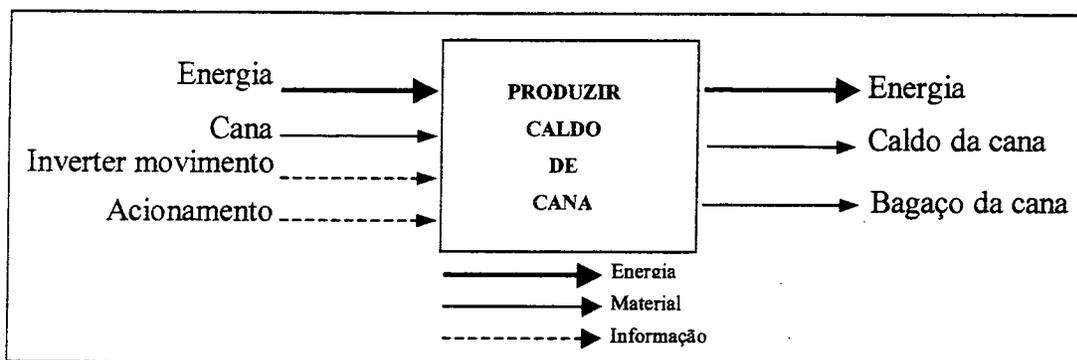


FIGURA 5.1. Função global da máquina moenda de cana - SILVA JUNIOR et al [1999].

Na análise de mercado, observou-se nas máquinas concorrentes a presença da função de reprocesso da cana. Entretanto, percebe-se que essa função é fonte de vários problemas, como:

- aumento de ruído (devido ao *embuchamento* - travamento dos rolos que comprimem a cana na retirada do caldo);
- falta de higiene;
- diminuição da produtividade; e
- maior utilização da mão de obra do operador.

Estabeleceu-se então que é necessário determinar princípios de solução ergonômicos de modo a eliminar o reprocesso da cana, considerando também que tal

fato tem grandes potencialidades de contribuir para a satisfação dos requisitos do projeto.

Determinada a função global, podem-se obter as estruturas ergonômicas funcionais alternativas, mostradas no ANEXO 5, elaboradas a partir da seqüência de operações da máquina e explicadas a seguir.

Para que a função parcial *receber a cana* seja realizada com eficiência, a cana deve estar disposta em local de fácil acesso, de modo a demandar mínimo esforço do usuário/operador. Garantir essa característica é altamente positivo para os requisitos do projeto *produção, higiene do processo e antropometria*, além de ser conveniente para o cliente no que diz respeito ao gerenciamento do espaço (necessidade exposta no requisito *máquina compacta*). Portanto, prevê-se a função parcial *armazenar a cana*.

A função parcial *tratar o caldo* significa preparar o caldo para consumo e armazená-lo. O armazenamento é necessário devido à característica do processo, ou seja, a quantidade de caldo produzida normalmente ultrapassa a quantidade vendida. A previsão de reservatório para o caldo da cana traz os mesmos benefícios citados no parágrafo anterior. Para essa função parcial foram elaboradas três estruturas alternativas.

A função parcial *tratar o bagaço* significa direcionar o bagaço da cana ao lixo e armazená-lo para posterior descarte, doação ou venda. Analisando os requisitos do projeto e as condições do processo de produção do caldo de cana, nota-se que essa função, tendo bom desempenho, favorece a *higiene, produção e otimização do espaço*. Propõe-se então melhorar o condicionamento do bagaço, de modo que ocupe menor volume e facilite armazenamento e manuseio. Para essa função parcial, foram elaboradas duas estruturas alternativas.

A função parcial *produzir movimento* deve ser capaz de gerar movimento em dois sentidos, para facilitar a retirada do bagaço no caso de *embuchamento*. Além disso, a rotação deve ser baixa e torque elevado, sendo necessária redução de velocidade. Para essa função parcial, duas estruturas alternativas foram obtidas.

Após a elaboração de estruturas funcionais ao projeto ergonômico da máquina moenda de cana, optou-se pela estrutura selecionada e ilustrada no ANEXO 6, seguindo critérios como a experiência dos projetistas e a lista de requisitos do projeto.

Estabelecida a estrutura ergonômica funcional da máquina moenda de cana, o próximo passo foi o de obter princípios de solução ergonômicos. O método utilizado pela equipe do projeto para tal atividade foi o *método da matriz morfológica*.

No ANEXO 7, apresenta-se a matriz morfológica já com a indicação dos princípios de solução ergonômicos selecionados para a máquina moenda de cana.

A partir da matriz morfológica foram elaboradas nove opções alternativas de concepção ergonômica do produto, não ilustradas neste trabalho. Com essas opções, fez-se a seleção de um conceito ergonômico para o produto. O método utilizado para isso encontra-se descrito em BACK & FORCELLINI [1997]: inicia-se pelo *Julgamento da Viabilidade*. Aqueles conceitos que satisfizerem este critério serão analisados pela *Disponibilidade Imediata de Tecnologia*, e assim sucessivamente, pelos critérios da avaliação *Passa/Não Passa* e a *Matriz de Avaliação Utilizando-se as Necessidades dos Clientes* (Método de Pugh).

Com a aplicação do Método de Pugh, selecionou-se o melhor conceito ergonômico para a máquina moenda de cana, destacada no ANEXO 7. Além disso, incorporaram-se à máquina os seguintes componentes:

- dois rodízios para facilitar o transporte;
- tampa de inspeção na parte superior da máquina facilitando a limpeza, inspeção e manutenção; e
- um visor de nível que ao mesmo tempo age como *ladrão* ao excesso de caldo produzido, direcionado para o recipiente de armazenagem do bagaço, facilitando a *limpeza, operação e higienização* da máquina.

Os princípios de solução adotados, bem como os componentes incorporados à máquina, foram embasados na ferramenta ergonômica *termo de referência para equipamentos*, experiência dos projetistas e recomendações ergonômicas elaboradas na problematização do sistema homem-máquina-tarefa, atendendo dessa forma às necessidades ergonômicas expressas pelo cliente externo.

Os desenhos esquemáticos do conceito selecionado para a máquina moenda de cana, que permitem o bom entendimento da concepção ergonômica e do processo de produção do caldo de cana, encontram-se ilustrados nos ANEXOS 8 e 9. O conceito selecionado pode ser descrito através dos seguintes itens, onde se pode verificar o atendimento das necessidades citadas ao longo deste capítulo:

- a cana a ser utilizada é armazenada em (1). O operador pega a cana para colocar na máquina em (2), e pode fazê-lo posicionado tanto pela lateral quanto pela frente da máquina. O componente

armazenador (1) é removível e possui empunhaduras para facilitar a movimentação da máquina;

- a separação de caldo do bagaço em (3) é feita por quatro rolos cilíndricos, já que o reprocesso foi eliminado;
- o caldo da cana é armazenado em (4). O leiaute desse componente permite a sustentação da peneira em (5), coleta do caldo em (6) por uma *torneira* e a colocação de um visor de nível em (7), que também age como *ladrão*;
- o bagaço é conduzido pela calha (8) até o condicionador (9), constituído por dois rolos, que o tornam compacto. O bagaço é armazenado em caixa com suporte para fixação de saco para lixo em (10), com empunhaduras para facilitar o manuseio;
- a máquina é acionada por um interruptor de alavanca (11) de três posições: partida, parada e reversão do movimento. O desenho simboliza uma alavanca com suas três posições de estado;
- o movimento da máquina é obtido em (12) por um moto-redutor de eixo perpendicular, que transmite o movimento aos quatro rolos cilíndricos os quais, por sua vez, transmitem movimento aos dois rolos condicionadores do bagaço; e
- a máquina moenda de cana foi provida de dois rodízios no seu lado esquerdo (13) e uma tampa de inspeção na parte superior da máquina (14).

Comparando o produto desenvolvido com os existentes no mercado, pode-se observar que a máquina moenda de cana tem potencial para ser utilizada em recintos fechados, já que atende às necessidades expressas pelos clientes, principalmente as ergonômicas.

5.5. Projeto Preliminar

Nesta etapa do projeto, as tarefas executadas permitem melhoria ergonômica do conceito selecionado, procurando e, se possível, eliminando os pontos fracos do produto através da aplicação da ferramenta *lista de verificação*

ergonômica e análise ergonômica no trabalho, tornando o produto simples, inequívoco e seguro.

De acordo com o método apresentado no **CAPÍTULO 4**, aplica-se inicialmente a ferramenta desenvolvida no **CAPÍTULO 3 - lista de verificação ergonômica**, para que se corrija a concepção selecionada sob o ponto de vista da ergonomia. A **TABELA 5.2** registra os resultados dessa ferramenta, indicando orientações ergonômicas prioritárias para o conceito da máquina moenda de cana.

TABELA 5.2. Resultados da ferramenta *lista de verificação ergonômica* aplicada à máquina moenda de cana.

ATRIBUTO	ORIENTAÇÕES
Biomecânica	<ol style="list-style-type: none"> 1. A posição do <i>bocal</i> de entrada da cana na máquina deve, se possível, permitir que o braço fique o mais perto possível do corpo, com o cotovelo baixo e abaixo do nível dos ombros; 2. A colocação da cana com o operador posicionado em frente à lateral da máquina é a recomendável, permitindo variações de postura e movimentos com a retirada do caldo e evitando posturas incorretas das mãos e punhos.
Antropometria	<ol style="list-style-type: none"> 1. Utilizar tabelas antropométricas brasileiras, da população masculina e percentil 90% (ou conforme tipo de medida a ser utilizada), com atividade realizada na posição supina e que acomode operadores com estaturas menores; 2. Respeitar as distâncias de alcance e campo visual encontradas na literatura.
Posição de Trabalho	<ol style="list-style-type: none"> 1. A posição de trabalho adotada é a supina, não se propondo ação corretiva, pois atende aos critérios estabelecidos. Há possibilidade, quando necessário, de a atividade de retirada do caldo ser na posição sentada. Porém, o projeto não prioriza essa posição.
Dimensionamento e Acessibilidade (Trabalho em pé)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Utilizar plataformas para operadores com estaturas menores, já que a possibilidade de regular alturas na máquina pode torná-la mais cara e de difícil praticidade pelo seu peso; 2. A retirada do caldo da máquina deve estar à altura do cotovelo; o visor de nível e o interruptor de acionamento da máquina a uma altura entre o cotovelo e o ombro e a empunhadura do <i>recipiente armazenador do bagaço</i> à altura pouco abaixo da linha da cintura; 3. Prever, além da tampa de inspeção na parte superior da máquina, tampa removível na sua lateral esquerda, facilitando acessos e intervenção de manutenção; 4. Colocar um suporte de bordas arredondadas com possibilidade de variação de posição para apoio do recipiente que recebe o caldo da cana.
Comandos/Controles Cabos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Utilizar dimensões para o interruptor de alavanca encontradas na literatura; 2. Prever inscrições, junto ao interruptor, indicando as funções de suas três posições; 3. Colocar uma cobertura no interruptor para que se evite a ativação acidental; 4. A manopla da torneira deve permitir que o trabalho seja feito sem flexão ou extensão do punho, já que é atividade repetitiva. Dar preferência por manoplas que requeiram pouca aplicação de força; 5. Posicionar os cabos de maneira que o operador não pise neles e facilite as ações de manutenção; 6. Fixar e identificar devidamente os cabos utilizados na máquina; 7. Utilizar cabos elétricos com boa isolamento.
Ferramentas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Substituir as empunhaduras da máquina por empunhaduras cilíndricas, externas ao componente (não embutidas) e de preferência plásticas, atendendo a ampla faixa antropométrica, facilitando o transporte/manuseio e reduzindo riscos de choque elétrico, transmissão de frio ou calor e vibrações; 2. Dimensionar as empunhaduras do <i>armazenador da cana</i>, <i>peneira</i>, <i>armazenador do bagaço</i> e outras para uso das duas mãos.

TABELA 5.2. Resultados da ferramenta *lista de verificação ergonômica* aplicada à máquina moenda de cana - Continuação

ATRIBUTO	ORIENTAÇÕES
Fatores Ambientais	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prever dissipação do calor gerado ao meio externo da máquina, evitando com isto a contaminação do caldo produzido por fermentação; 2. Utilizar, se comprovada a necessidade, borrachas de amortecimento entre o motor e o sistema de transmissão de força na carcaça, reduzindo assim efeitos de ruído e vibrações; 3. Se os testes em protótipo comprovarem a presença de ruídos que causem desconforto ao operador, prever isolamento acústico com uso de absorvedores de som na própria máquina; 4. Utilizar a iluminação geral do ambiente em que a máquina será instalada, evitando-se ofuscamento e que seja apropriada aos pontos onde a tarefa é executada.
Cores	<ol style="list-style-type: none"> 1. Utilizar cores de segurança indicadas em GRANDJEAN [1998, p.311]; 2. Utilizar cores foscas (sem brilho excessivo para facilitar o contraste) e claras, difundindo mais a luz e clareando o ambiente; 3. Utilizar cor que destaque o comando da máquina, ficando esse mais visível e mais rápido para ser achado em situação de emergência.
Movimentos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estabelecer orientações ao operador sobre a correta postura adotada para retirada do saco de lixo do <i>recipiente armazenador do bagaço</i> da cana e o seu levantamento; 2. Para facilitar o movimento e transporte da máquina, evitando flexões e extensões dos punhos, prever o uso de rodízios nos quatro pontos de apoio da máquina, e não apenas em dois pontos, sendo que os dois rodízios que se encontram junto ao armazenador de cana devem ser fixos e os demais devem ter liberdade de movimento; 3. Prever dispositivo de travamento dos rodízios que têm liberdade de movimento com acionamento pelos pés.
Segurança	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dimensionar o bocal de entrada da cana na máquina o suficiente para a passagem da cana, evitando-se o acesso da mão do operador. Prever indicações visuais de perigo; 2. Utilizar dispositivo que evite acessos com máquina em funcionamento; 3. Prever aterramento das partes metálicas da máquina; 4. Reduzir a existência de quinas e arestas cortantes, propiciando, além da segurança, uma aparência adequada.

Após percorrer o conjunto de orientações ergonômicas à máquina moenda de cana, procede-se, conforme a metodologia de projeto, à seleção de materiais, processos de fabricação e o dimensionamento ergonômico do produto e componentes. Com isso, têm-se condições de elaborar desenhos mais detalhados da máquina e construir um modelo ou protótipo do produto. Essa atividade servirá para teste e verificação ergonômica dos pontos fracos do produto, corrigindo-os e permitindo a elaboração da configuração final do produto.

Porém, para chegar à etapa de elaboração do modelo ou protótipo, há necessidade de contar com a colaboração de especialistas em determinadas áreas, além de arcar com os custos envolvidos nessas atividades e ultrapassar o prazo de conclusão desta dissertação. Sendo assim, a aplicação da metodologia proposta no desenvolvimento do projeto ergonômico de uma máquina moenda de cana conclui-se nesse ponto. Uma futura continuidade dessa pesquisa poderá ater-se em desenvolver as demais atividades do *projeto preliminar*, elaborando um protótipo e avaliando os resultados.

5.6. Projeto Detalhado

Nesta fase do projeto, seguem as atividades descritas na metodologia de projeto apresentada no **Capítulo 4**. Observa-se que a ênfase na adequação à normalização ergonômica aumenta, diminuindo o destaque dado à ferramenta *termo de referência para equipamentos*. Somente com a conclusão das atividades da fase do projeto anterior é que se poderá dar andamento às atividades de detalhamento ergonômico da máquina moenda de cana.

5.7. Conclusão

Nos **ANEXOS 8 e 9** se encontra o conceito ergonômico do produto, obtido a partir do software *AutoCad R14*, esclarecendo melhor seu projeto e aproximando-o mais da realidade. O mesmo foi desenvolvido a partir da obtenção de uma série de necessidades junto aos clientes do projeto. Nota-se, após serem feitas as alterações propostas com a ferramenta *lista de verificação ergonômica* e a análise das necessidades listadas na matriz do Q.F.D., o atendimento dessas, com destaque às ergonômicas, base de estudo desta dissertação.

Mesmo não concluindo parte do *projeto preliminar* e o *projeto detalhado*, pôde-se verificar que o produto ergonômico - máquina moenda de cana -, foi suficiente para se testar a proposta desta dissertação e validá-la, bem como verificar a aplicação das ferramentas propostas. Este projeto permitiu a realização de ajustes na ferramenta *lista de verificação ergonômica*. Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi alcançado.

O próximo capítulo apresenta as conclusões desta dissertação.

CAPÍTULO 6. CONCLUSÕES

A pesquisa teve como objetivo principal propor a integração da concepção ergonômica de máquinas e equipamentos na metodologia de projeto de produtos, assegurando o gerenciamento ergonômico no desenvolvimento (ou aperfeiçoamento) do processo do projeto, orientando e auxiliando engenheiros e projetistas no desenvolvimento do projeto ergonômico desses produtos.

A consideração da ergonomia, em um processo de transferência tecnológica, no projeto de máquinas e equipamentos é fundamental para se melhorar a aceitação desses produtos no mercado e a boa interação homem-máquina-tarefa.

A busca pela melhoria da qualidade de vida, conforto, segurança e eficácia do produto e a oferta de produtos que atendam às necessidades e desejos dos usuários/operadores deve ser tarefa de compromisso de uma organização inserida em mercado competitivo. A oferta desses produtos no mercado contribuirá para que a empresa atinja seus objetivos econômicos.

Após aplicação e validação da proposta apresentada para obtenção do conceito ergonômico de máquinas e equipamentos, pode-se apresentar as seguintes conclusões deste trabalho:

- com relação aos objetivos apresentados no **CAPÍTULO 1**, as ferramentas de projeto analisadas e adequadas à ergonomia auxiliaram na obtenção do conceito ergonômico de máquinas e equipamentos. Da mesma forma, o método apresentado com a estruturação das ferramentas de projeto e a previsão de atividades ergonômicas auxiliaram na obtenção do conceito ergonômico de máquinas e equipamentos em uma metodologia de projeto;
- com relação às hipóteses indicadas no **CAPÍTULO 1**, tanto a proposta apresentada como as ferramentas de projeto analisadas foram consideradas adequadas para a obtenção do conceito ergonômico de máquinas e equipamentos de acordo com a delimitação deste trabalho, informando aos projetistas e especialistas envolvidos na atividade de projeto, aspectos

ergonômicos que o produto deve possuir, auxiliando também nas tomadas de decisão;

- a utilização de ferramentas ergonômicas como a *lista de verificação*, a *análise ergonômica no trabalho*, as *normas* e o *termo de referência para equipamentos*, bem como a previsão de atividades ergonômicas a serem realizadas, apropriam os conceitos fundamentais da ergonomia ao projeto de produtos;
- com relação à proposta formulada, verificou-se que a mesma especifica o "o que" fazer e o "como" fazer para serem atingidos os objetivos ergonômicos de cada fase do projeto, contemplando desta forma a solução de alguns problemas em metodologias, encontrados na literatura;
- a proposta apresentada permite também que fatores como adequação à fabricação, confiabilidade, montagem, manutenção, transporte, segurança contra falhas, tolerâncias, entre outros, elementos importantes na avaliação do projeto, sejam considerados, pois a máquina ou o equipamento de trabalho não devem ser projetados levando-se em conta somente critérios ergonômicos;
- com relação às ferramentas de projeto (sobretudo a ferramenta *termo de referência para equipamentos*), verifica-se que as mesmas permitem a difusão dos conhecimentos básicos da ergonomia àqueles diretamente envolvidos com o projeto, já que muitas vezes os projetistas envolvidos estão afastados da direção do conjunto do projeto e, neste sentido, pouco preparados para avaliar as conseqüências sobre as atividades de algumas soluções que concebem;
- com relação à ferramenta *normalização ergonômica*, pode-se destacar a existência de inúmeras normas relacionadas com a ergonomia na literatura, sobretudo na Internet, contrariando alguns autores que destacam a escassez desse material para sua utilização em atividades de projeto de produtos;

- com relação à ferramenta *lista de verificação ergonômica*, pode-se destacar sua importância por se apresentar na língua portuguesa e, sobretudo, por estar voltada para projetos de máquinas e equipamentos; e
- com relação aos usuários e operadores de máquinas e equipamentos, este trabalho propiciou a melhoria das condições de trabalho, já que a base da intervenção do ergonomista ao procurar melhorar o trabalho é o estudo das interações que ocorrem no local de trabalho e no seu ambiente, quer em projeto ou reprojeto, sempre com foco centrado no usuário.

A partir das conclusões desta pesquisa, podem-se fazer as seguintes sugestões, com intuito de proporcionar *aprimoramento* das atividades do projeto ergonômico:

- concluir o projeto desenvolvido no **CAPÍTULO 5**, com o apoio de alguma empresa e talvez da própria UFSC, em sua fase *preliminar e detalhada*, verificando o atendimento das necessidades do projeto com o uso da máquina em uma situação real de trabalho;
- elaborar ferramentas que permitam *avaliação ergonômica da usabilidade* com usuários/operadores (clientes externos) de máquinas e equipamentos, tanto na fase de *esclarecimento da tarefa* quanto na fase de *projeto preliminar*; e
- estudar as ferramentas *lista de verificação ergonômica e termo de referência para equipamentos* quanto aos aspectos de atualidade, verificando a existência ou não de outras questões específicas para algum tipo de máquina ou equipamento.

Concluindo, salienta-se que o sucesso do desenvolvimento do projeto ergonômico de máquinas e equipamentos estará mais perto quando houver colaboração e participação dos usuários na equipe do projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACK, Nelson. **Metodologia de projetos de produtos industriais**. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Dois, 1983, 389 p.
- BACK, Nelson, FORCELLINI, Fernando A.. **Apostila projeto de produtos**. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 1997, 81p. Pós Graduação em Engenharia Mecânica. Apostila de aula.
- BARROS, Izabel Falcão do Rego. **Fatores antropométricos e biomecânicos da segurança do trabalho: uma contribuição à análise de sistemas homem-máquina sob o ponto de vista da ergonomia**. Manaus: Ed. da Universidade do Amazonas, 1996, 122 p.
- BAXTER, Mike. **Projeto de produto: guia prático para o desenvolvimento de novos produtos**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda., 1998, 261 p.
- BEITZ, Wolfgang, PAHL, Gerhard. *Engineering design: a systematic approach*. Berlim: Springer-Verlag, 1988, 397p.
- BLANCHARD, B. S., FABRYCKY, W. J. *Systems engineering and analysis*. Prentice- Hall, 2ª ed., 1990. App. B: *Design review criteria*, p. 641-658.
- BOMFIM, Gustavo Amarante. **Metodologia para desenvolvimento de projetos**. Campina Grande: Editora Universitária, 1984, 64 p.
- BRASIL, Antônio Domingues. **Conhecimento e uso de metodologias de desenvolvimento de produtos: uma pesquisa envolvendo 30 empresas situadas nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Florianópolis, 1997, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina.
- CAINE, P., CAINE, H. *Motor and equipment assembly*. Disponível na internet. <http://www.ergoweb.com>. 4 fevereiro 1999.
- CLARK, T. S., CORLETT, E. N. *The ergonomics of workspaces and machines: a design manual*. London and Philadelphia: Taylor & Francis, 1984, 95 p.
- COBO, Guillermo Alvarado. **Estudo para a incorporação da ergonomia no processo de planejamento e desenvolvimento de produtos**. Florianópolis, 1994. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina.

- CORLETT, E. Nigel. Ergonomia das máquinas e ambientes de trabalho. *In: I Congresso Latino Americano e III Seminário Brasileiro de Ergonomia, 1987, São Paulo. Anais...* São Paulo: OBORÉ Editorial Ltda., 1992. 240 p. p. 09-15.
- COUTO, Hudson de Araújo. **Ergonomia aplicada ao trabalho: o manual técnico da máquina humana.** Belo Horizonte: Ergo Editora, 1996, 383 p., vol. 2.
- CTD News. *Deere and company "manufacturing farm equipment"*. Disponível na internet. <http://ergoweb.com>. 4 fevereiro 1999.
- DEAN, Edwin B.. *Quality function deployment: from the perspective of competitive advantage.* Disponível na internet. <http://mijuno.larc.nasa.gov/dfc/qfd.html>. 10 março 1999.
- FIOD NETO, Miguel, BACK, Nelson. Uma visão de estrutura de processo de projeto. *In: X Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1990, Belo Horizonte. Anais...* Belo Horizonte: [s.n.], 1990. 2 v. p. 450-455.
- FERREIRA, Marcelo Gitirana Gomes, FORCELLINI, Fernando Antônio, BACK, Nelson. **Utilização de modelos na concepção de produtos.** Anais do XVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP, Abepro/Rio de Janeiro, set. 1996.
- GRANDJEAN, Etienne. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem.** Porto Alegre: Bookman Ed., 1998, 338 p.
- GUIMARÃES, Ana Lúcia Santos V. A inserção do *design* industrial no Brasil: essência e história. **Rev. Tecnologia & Humanismo / CEFET – Paraná, Curitiba, n° 18,** p. 43-46. dez. 1998.
- IIDA, Itiro. **Ergonomia: projeto e produção.** São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda., 1992, 462 p.
- INTERNATIONAL LABOUR OFFICE. *Ergonomic checkpoints: practical and easy-to-implement solutions for improving safety, health and working conditions.* Geneva: International Labour Office, 1996, 272 p.
- International Organization for Standardization. *International standards.* Disponível na internet. <http://www.iso.ch>. 09 março 1999.
- JEGERLEHNER, James L. *Manufacturing industrial equipment.* Disponível na internet. <http://ergoweb.com>. 4 fevereiro 1999.

- KUAHARA, Roberto Tsutomu. Em busca da qualidade do produto e satisfação do cliente. *In: XIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção e I Congresso Latino Americano de Engenharia Industrial*, 13 e 1, 1993, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: [s.n.], 1993. 2 v. p. 53-56.
- MAY, J. e PURDY, K. *Improving the ergonomic design of a hospital pharmacy dispensary area and waiting room. In: PROCEEDINGS OF THE 13th TRIENNIAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION*, 13, 1997. Tampere, 29/JUN. a 4/JUL., 1997. **Anais...** Helsinki: *Finnish Institute of Occupational Health*. 1997, 7v., v.7, p.258-260.
- MELLO, Sylvio Guilherme. **Metodologia para desenvolvimento de produtos por empresários em potencial**. Florianópolis, 1988. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina.
- MORAES, Anamaria de, MONT'ALVÃO, Cláudia. **Ergonomia: conceitos e aplicações**. Rio de Janeiro: 2AB Editora, 1998, 120 p.
- PEDROSO, Marco Antônio Régner. **Método de avaliação de aspectos ergonômicos em produto de consumo**. Florianópolis, 1998, 72 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina.
- PEREIRA, Alice T. Cybis, GOMEZ, Luiz Salomão Ribas. *Design, desenvolvimento e meio ambiente. Rev. Tecnologia & Humanismo/CEFET – Paraná, Curitiba*, n° 18, p. 57-60. dez. 1998.
- ROMEIRO Filho, Eduardo, MAGALHÃES, Rita Mello. Aspectos ergonômicos da roçadeira portátil motorizada. *In: XIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção e I Congresso Latino Americano de Engenharia Industrial*, 13 e 1, 1993, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: [s.n.], 1993. 2 v. p. 459-463.
- SALLES, Mara Teles. A técnica do Q.F.D. (Desdobramento da Função Qualidade): uma aplicação à indústria alimentícia. *In: XIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção e I Congresso Latino Americano de Engenharia Industrial*, 13 e 1, 1993, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: [s.n.], 1993. 2 v. p. 313-317.
- SANTOS, Neri dos, DUTRA, Ana Regina de A., FIALHO, Francisco Antônio P., et. al. *Anthropotechnology: ergonomics of industrial projects: a discussion on basic questions. In: PROCEEDINGS OF THE 13th TRIENNIAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION*, 13, 1997. Tampere, 29/JUN. a 4/JUL., 1997. **Anais...** Helsinki: *Finnish Institute of Occupational Health*. 1997a, 7v., v.7.

- SANTOS, Neri dos, DUTRA, Ana Regina de A., RIGHI, Carlos Antônio R., et. al. **Antropotecnologia: a ergonomia dos sistemas de produção.** Curitiba: Genesis Editora, 1997b, 354 p.
- SANTOS, Neri dos, FIALHO, Francisco. **Manual de análise ergonômica no trabalho.** 2ª ed. Curitiba: Genesis Editora, 1997, 316 p.
- SELL, Ingeborg. **Atualidades em ergonomia no projeto de produtos.** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1997. 20 p.
- SELL, Ingeborg. Segurança do produto. *In:* XII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP, 12, 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: [s.n.], 1992. 2 v. p. 423-428.
- SILVA JUNIOR, Alvino Cesário da, BITENCOURT, Antônio Carlos Peixoto, YAMASAKI, Johnny Tsuneo, DIAS, Jorge Luiz Passos Abduch, CARRAFA, Wanilson Martin. **Moenda de caldo de cana: projeto conceitual.** Florianópolis, 37 p. Trabalho não publicado, orientado por Fernando A. Forcellini – Dr. Eng.
- STEIN, Mônica. **Desenvolvimento de metodologia para projeto de embalagens enfatizando aspectos estéticos para atratividade do produto.** Florianópolis, 1997, 157 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina.
- VERGARA, Walter Hernández. **Simulação cognitiva da tomada de decisão em situações complexas: modelagem do raciocínio humano por meio de casos.** Florianópolis, 1995, 251 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina.
- WAGNER, Ricardo, MEDEIROS, Estevão Neiva de, SILVA, Júlio Cezar Augusto da. **Design de produtos: método para aperfeiçoamento do design.** Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP, ABEPRO/ Rio de Janeiro, set. 1996.
- WASSERMAN, Arnold S. **Como administrar o processo de design.** *Papers* do Seminário em Gerenciamento do *Design / FIESP, CIESP, DETEC*, São Paulo, nº 5, out. 1992.
- WEERDMEESTER, B., DUL, J. **Ergonomia prática.** São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 1995, 147 p.

BIBLIOGRAFIA

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – FÓRUM NACIONAL DE NORMALIZAÇÃO. **Conheça a ABNT – Normalização: um fator para o desenvolvimento.** Rio de Janeiro: Editora e Gráfica Polar Ltda., 1994, 25 p.
- BESORA, Fernando Cesar. **A inovação e o projeto de produtos: sua importância na pequena e média empresa.** Florianópolis, 1998, 76 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina.
- CLINE, Alan. *Concurrent engineering: primary principles.* Disponível na internet. <http://www.carolla.com/wp-ce.htm>. 10 março 1999.
- CTD News. *Nursing patients and laundry.* Disponível na internet. <http://ergoweb.com>. 4 fevereiro 1999.
- CWIRKO, Halina. *Ergonomics in health promotion.* In: PROCEEDINGS OF THE 13th TRIENNIAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION, 13, 1997, Tampere, 29/JUN. a 4/JUL., 1997. **Anais...** Helsinki: Finnish Institute of Occupational Health. 1997, 7v., v.7, p.358-360.
- DEAN, Edwin B.. *Concurrent engineering: from the perspective of competitive advantage.* Disponível na internet. <http://mijuno.larc.nasa.gov/dfc/ce.html>. 10 março 1999.
- DIAS, Jorge Luiz P. A. **Análise ergonômica de postos de trabalho como um meio de descoberta das necessidades do usuário para o seu projeto.** Disponível na internet. <http://www.eps.ufsc.br/~merino>. 20 outubro 1998.
- DIAS, Jorge Luiz P. A., SOUZA, Marcos Barros de, et. al. **Intervenção ergonômica em posto de coleta de sangue.** Florianópolis, 55 p. Trabalho não publicado.
- IANNI O. **Teorias da globalização.** Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1995. Cap. 10: Sociologia da Globalização, p. 189-207.
- Joint Army-Navy-Air Force Steering Committee. Human engineering guide to equipment design.* New York: John Wiley & Sons, 1972, 752 p.
- McCORMICK, Ernest James. **Human factors in engineering and design.** New York: MCGRAW-HILL BOOK COMPANY, 4th ed. 1976, 491 p.

MERINO, Eugênio. Curso Interinstitucional de Pós-Graduação em nível de Mestrado UFSC – UNIOESTE. **Ambientes de trabalho**. Disponível na internet. <http://www.eps.ufsc.br/~merino>. 20 outubro 1998.

MERINO, Eugênio. Curso Interinstitucional de Pós-Graduação em nível de Mestrado UFSC – UNIOESTE. **Antropometria**. Disponível na internet. <http://www.eps.ufsc.br/~merino>. 20 outubro 1998.

MERINO, Eugênio. Curso Interinstitucional de Pós-Graduação em nível de Mestrado UFSC – UNIOESTE. **Posto de trabalho**. Disponível na internet. <http://www.eps.ufsc.br/~merino>. 20 outubro 1998.

MOREIRA, Artur Carlos da Silva, WEBER, Cláudio José, DIAS, Jorge Luiz P. A., et. al. **Concepção ergonômica dos equipamentos e das instalações**. Florianópolis, 7 p. Artigo não publicado.

MOREIRA, Artur Carlos da Silva, WEBER, Cláudio José, DIAS, Jorge Luiz P. A., et. al. **Concepção ergonômica dos equipamentos e das instalações**. Florianópolis, 58 p. Trabalho não publicado.

PALMER, Colin. **Ergonomia**. Rio de Janeiro: Editora Fundação Getúlio Vargas, 1976, 207 p.

PEREIRA, Vera Lúcia D. do Valle, SILVA, Ádson Luís Pereira e, XAVIER, Arildo, et. al. Estudo Antropométrico. *In*: XIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção e I Congresso Latino Americano de Engenharia Industrial, 13 e 1, 1993, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: [s.n.], 1993. 2 v. p. 503-508.

SELL, Ingeborg. Análise ergonômica do trabalho com o AET. *In*: XII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP, 12, 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: [s.n.], 1992. 2 v. p. 586-592.

SELL, Ingeborg. Otimização do produto no projeto. *In*: XII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP, 12, 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: [s.n.], 1992. 2 v. p. 460-466.

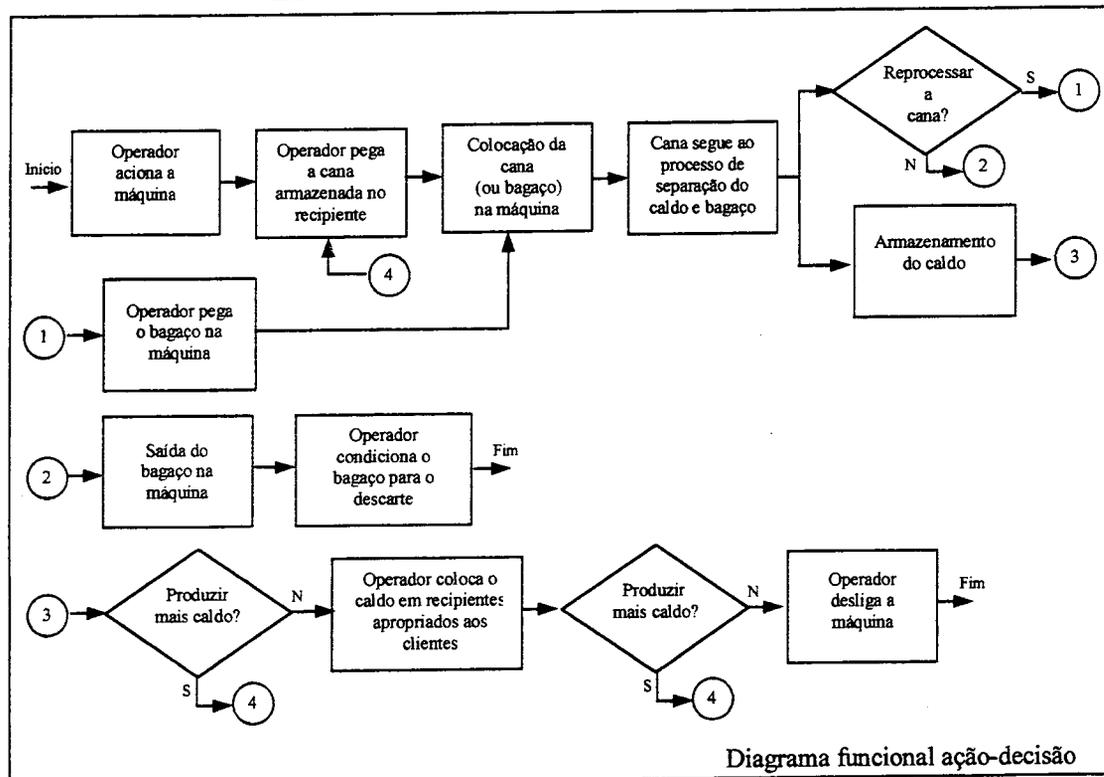
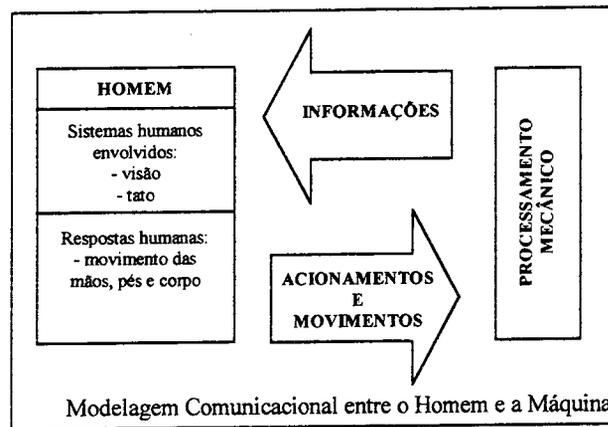
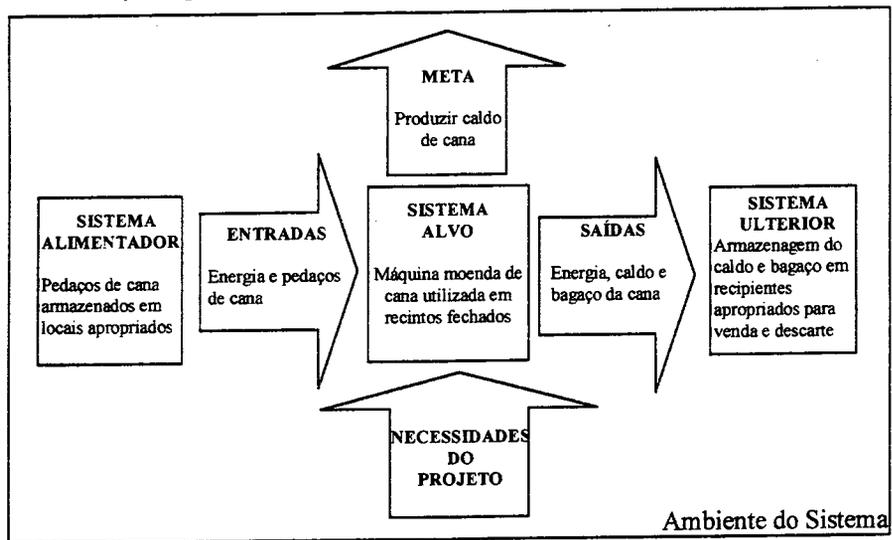
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Biblioteca Universitária. Serviço de Referência. **Como fazer referências bibliográficas**. Disponível na internet. <http://www.bu.ufsc.br/>. 01 fevereiro 1999.

VIEIRA, Evaldo. **A República Brasileira**. São Paulo: Ed. Moderna, 1985, 72 p.

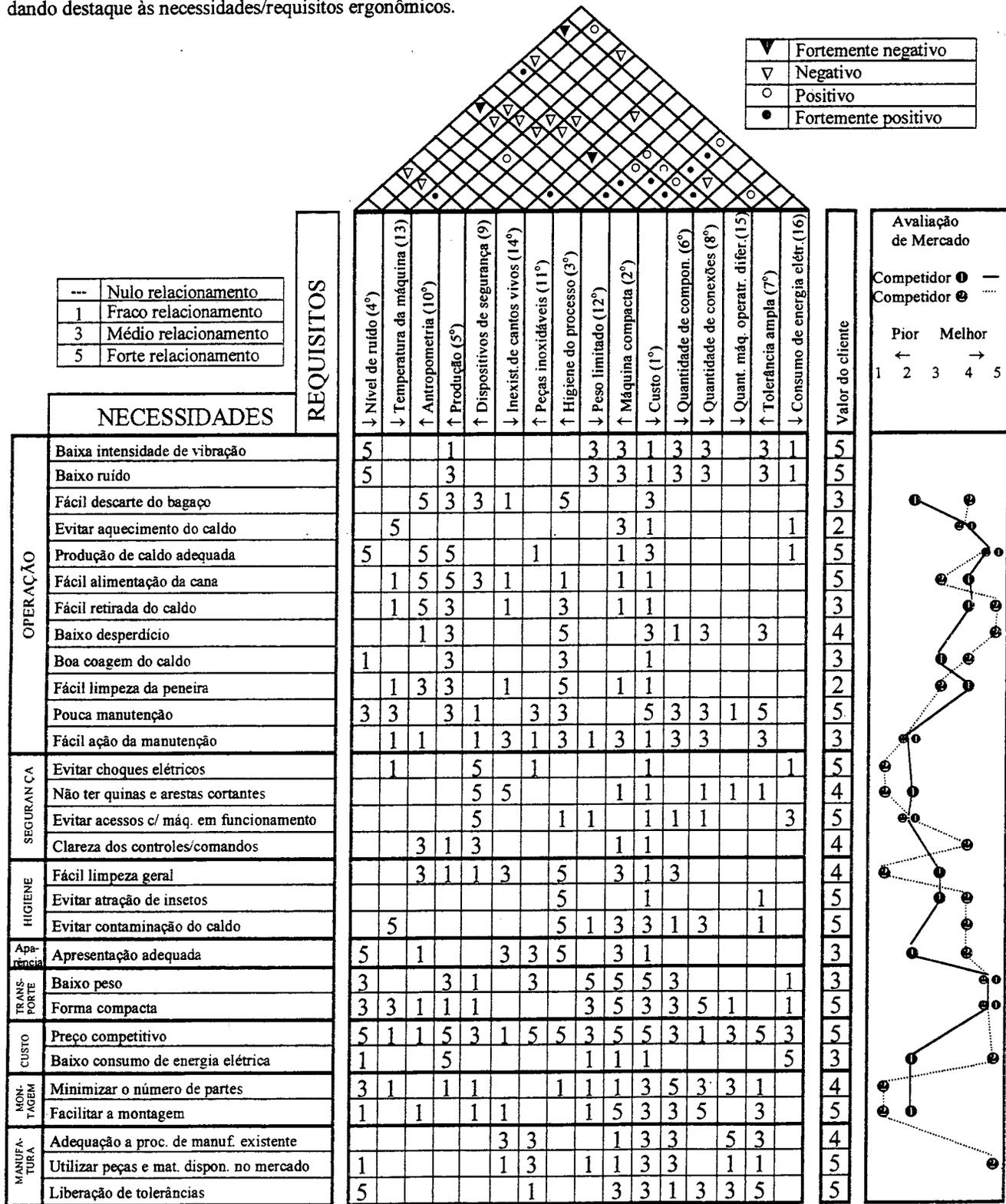
WOODSON, Wesley E. **Human Factors Design Handbook**. New York: McGRAW-HILL BOOK COMPANY, 1981, 1047 p.

ANEXOS

ANEXO 1. Referente ao CAPÍTULO 5, mais especificamente 5.3. Apresenta a sistematização ergonômica do sistema homem-máquina-tarefa.



ANEXO 2. Referente ao CAPÍTULO 5, mais especificamente 5.3. Apresenta a primeira matriz do Q.F.D., dando destaque às necessidades/requisitos ergonômicos.



---	Nulo relacionamento
1	Fraco relacionamento
3	Médio relacionamento
5	Forte relacionamento

▼	Fortemente negativo
▽	Negativo
○	Positivo
●	Fortemente positivo

Unidades	dB	°C	%	l/h	%	CV	%	H	Kg	m ³	R\$	QC	N	Mq	%	W
Competidor 1 (MAQTRON-M2000)			50	200					62	0,1	1000					1471
Competidor 2 (MAQTRON-M2000 Plus)			75	140	50		100	4	79	0,72	1764					736

Valor do Cliente	
5	Máximo
1	Mínimo

Valor de importância	207	92	135	202	150	90	128	211	105	225	261	186	172	81	176	75
Classificação por importância	4°	13°	10°	5°	9°	14°	11°	3°	12°	2°	1°	6°	8°	15°	7°	16°

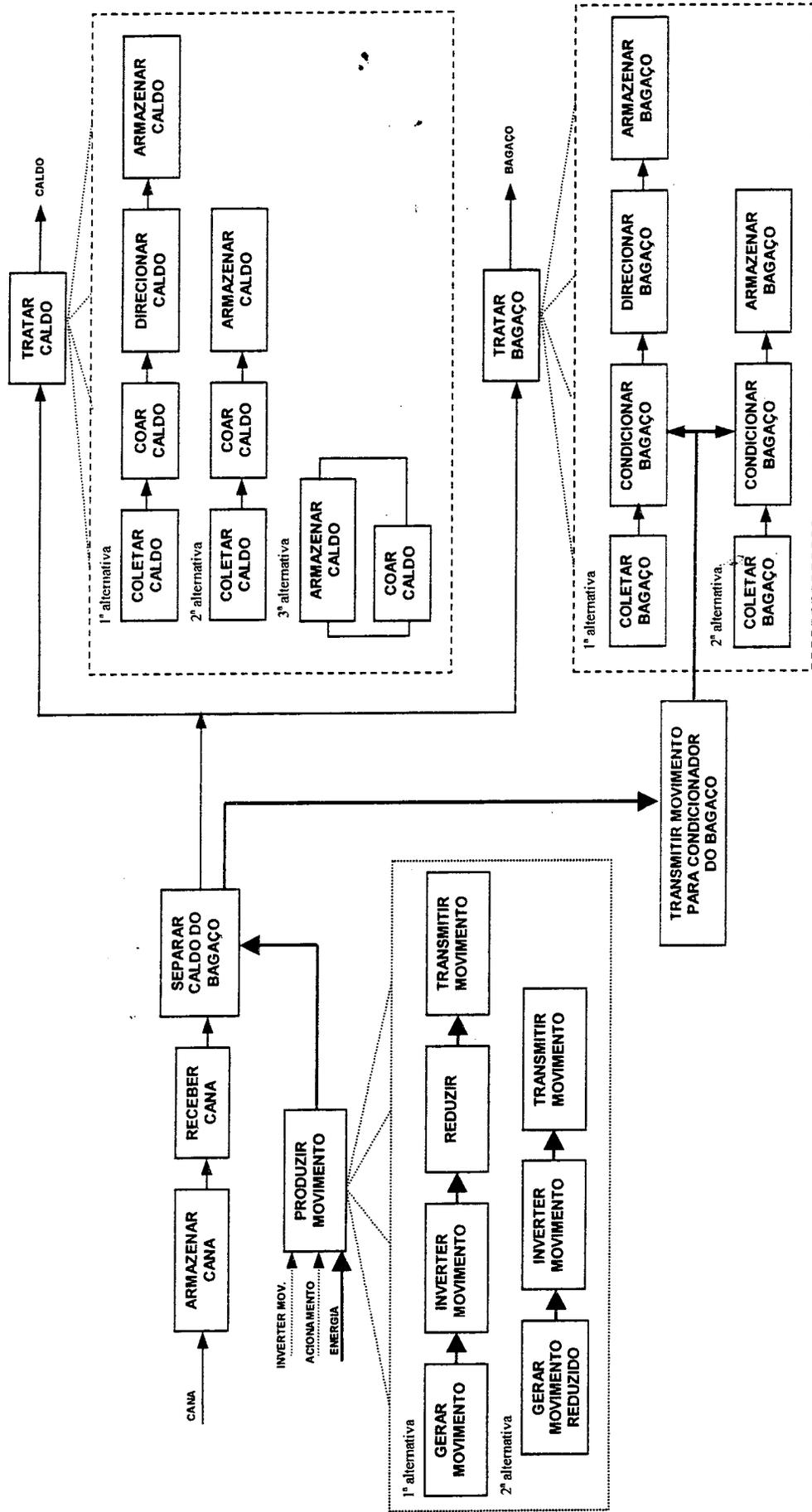
ANEXO 3. Referente ao **CAPÍTULO 5**, mais especificamente 5.3. Apresenta as especificações gerais e ergonômicas do projeto da moenda de cana.

REQUISITO	OBJETIVOS	SENSOR	SAÍDAS INDESEJÁVEIS	OBSERVAÇÕES/RESTRIÇÕES
1. Custo	Máximo R\$ 1750,00	Custo dos materiais	Comprometer a qualidade da máquina	A presença de peças inoxidáveis pode aumentar o custo
2. Máquina compacta	Ocupar o menor espaço	Cálculo do volume	Fragilização da máquina	
3. Higiene do processo	Menor índice possível	Contagem	Dificultar limpeza e manutenção	A máquina é suscetível à atração de insetos
4. Nível de ruído	Máximo de 60 dB	Medidor NPS	Ruído prejudicial ao operador	
5. Produção	200 l/h	Medidor de vazão	Travamento do sistema por excesso da quantidade de material	Prever sistema de reversão e parada de emergência
6. Quantidade de componentes	Minimizar as unidades	Contagem	Não dificultar a montagem e manufatura	
7. Tolerância ampla	Liberar o máx. possível com índice = 100%	Escala	Comprometimento com ruídos e vibrações	
8. Quantidade de conexões	Mimimizar	Contagem	Comprometimento da montagem e manutenção	
9. Dispositivos de segurança	Atingir pontos críticos com índice = 100%	Escala	Pontos críticos não atendidos	O operador tem contato direto com a máquina
10. Antropometria	Atingir índice = 100%	Escala	Dificultar a agilidade do serviço	Utilizar percentis adequados para atingir 90% da população
11. Peças inoxidáveis	Atingir índice = 100%	Escala	Elevação do custo	Há contato do caldo com partes da máquina
12. Peso limitado	Máximo 80 Kg	Balança	Fragilização da máquina	A máquina será usada em um ponto fixo da instalação
13. Temperatura da máquina	Máximo 23°C	Termopar	Aquecimento do caldo	O calor liberado pela máquina pode afetar o ambiente e outras máquinas
14. Inexistência de cantos vivos	Inexistência	Inspeção visual	Dificultar a montagem e manufatura	
15. Quantidade de máquinas operatrizes diferentes	Menor variação possível	Contagem	Necessitar de máquinas não disponíveis	
16. Consumo de energia elétrica	736 W	Medidor W	Prejudicar o Fator de Potência	

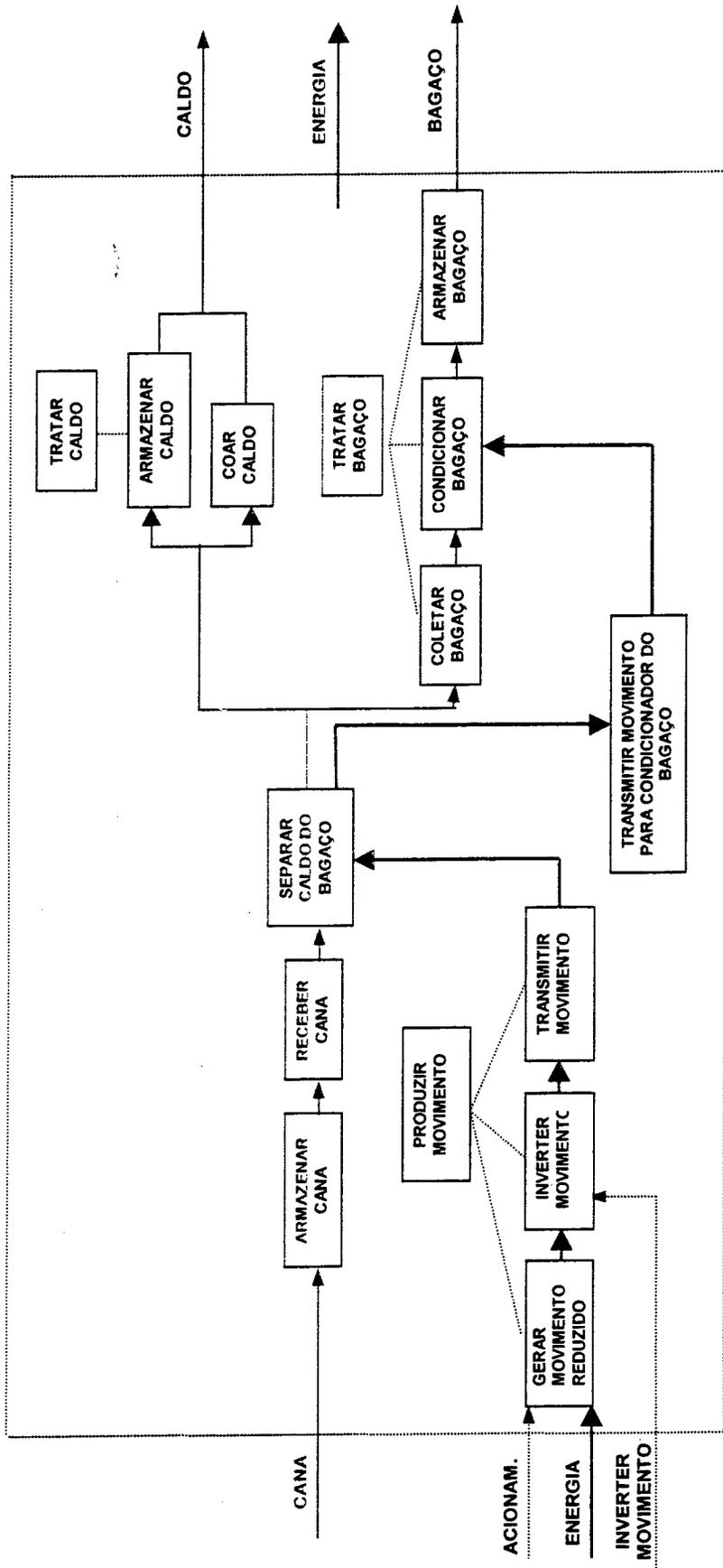
ANEXO 4. Referente ao **CAPÍTULO 5**, mais especificamente 5.3. Apresenta as especificações dos sensores do projeto da moenda de cana.

REQUISITO	SENSOR
Higiene do processo	Pontos de exposição do caldo (menor é melhor) Pontos de limpeza diária (menor é melhor) Pontos de contaminação do caldo (menor é melhor)
Tolerância ampla	$\frac{\text{Peças c/ tolerância liberada}}{\text{Peças c/ tolerância}} \times 100$
Dispositivos de segurança	$\frac{\text{Dispositivos de segurança utilizados}}{\text{Pontos críticos identificados}} \times 100$
Antropometria	$\frac{\text{Pontos c/ medidas antropométricas atendidas}}{\text{Pontos c/ medidas antropométricas necessárias}} \times 100$
Peças inoxidáveis	$\frac{\text{Número de peças inoxidáveis em contato c/ caldo}}{\text{Número de peças em contato com caldo}} \times 100$

ANEXO 5. Referente ao CAPÍTULO 5, mais especificamente 5.4. Apresenta as estruturas ergonômicas funcionais alternativas.



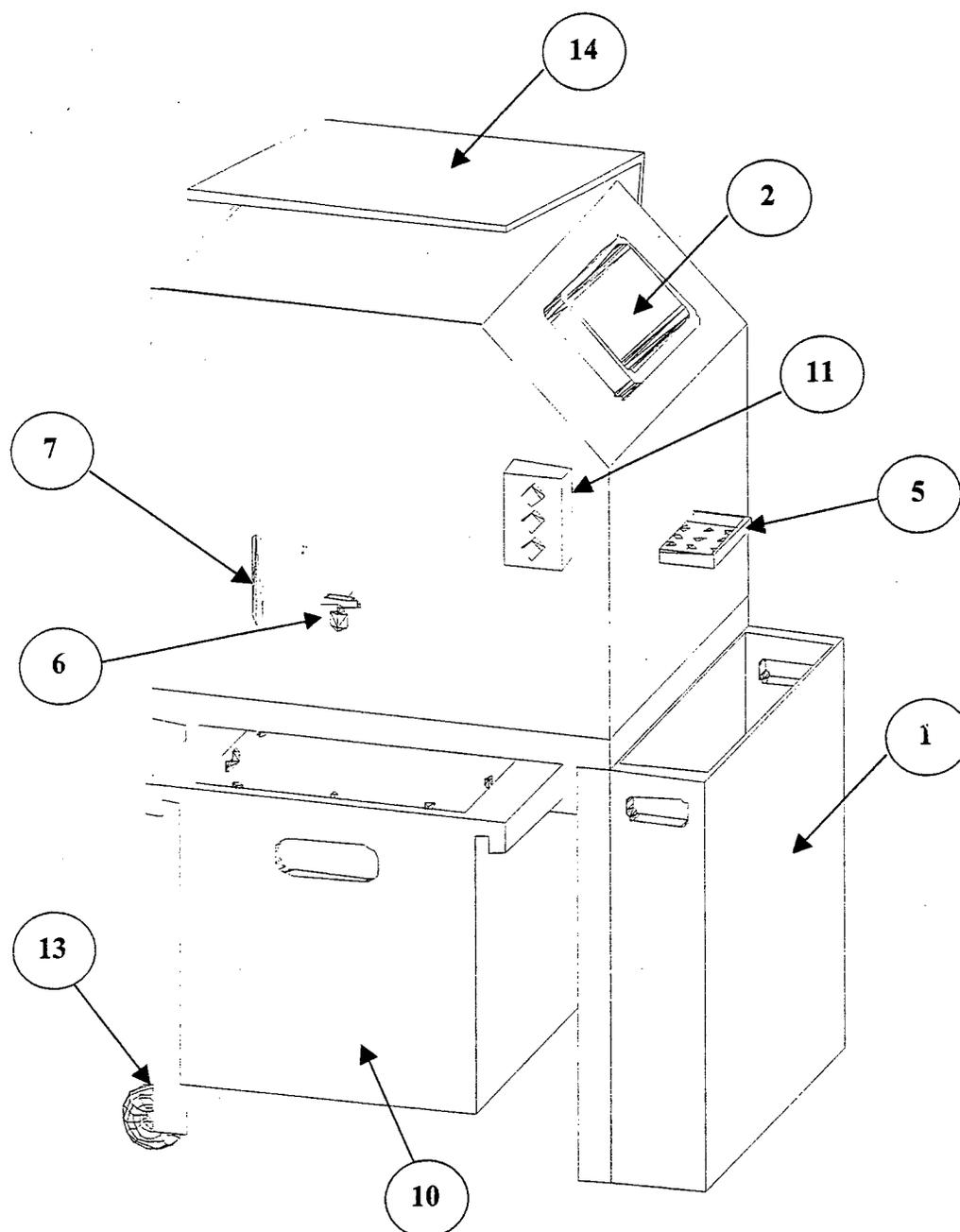
ANEXO 6. Referente ao CAPÍTULO 5, mais especificamente 5.4. Apresenta a estrutura ergonômica funcional selecionada.



ANEXO 7. Referente ao CAPÍTULO 5, mais especificamente 5.4. Apresenta a matriz morfológica destacando os princípios de solução ergonômicos selecionados.

ARMAZENAR CANA	RECIPIENTE	 Caixa cilíndrica fechada	 Grade metálica	 Caixa retangular	 Suporte com cantoneira	 Dispositivo com alavanca
	LOCALIZAÇÃO	INTERNO			EXTERNO	
	POSIÇÃO DA CANA	FRENTE	LADO	ATRÁS	EM CIMA	EMBAIXO
RECEBER CANA	TIPO DE ENTRADA	EMBUTIDO		NÃO EMBUTIDO		Obs.: Todas com tampa e proteção de borracha nas bordas
						
	POSIÇÃO DA ENTRADA	INCLINADO			NÃO INCLINADO	
SEPARAR CALDO DO BAGAÇO	TIPO DO MOVIMENTO					
	DISPOSITIVO PARA SEPARAR CALDO DA CANA			 Rotor centrífugo	 Prensa	
GERAR MOVIMENTO		MOTO REDUTOR PARALELO	MOTO REDUTOR PERPENDICULAR			
INVERTER ROTAÇÃO		CHAVE DE REV. BOTOEIRA	CHAVE DE REV. ALAVANCA	CAIXA DE CÂMBIO		
TRANSMITIR MOVIMENTO		POLIA / CORREIA	CORRENTE / RODA DENTADA	RODA DE ATRITO	PINHÃO / COROA	EIXO
COLETAR BAGAÇO	TIPO DE COLETOR	CALHA	TUBO	ESTEIRA TRANSP.		
	DIREÇÃO					
CONDICIONAR O BAGAÇO	DISPOSITIVO CONDICIONADOR	 Rolo ralador	 Rolo com plano	 Dois rolos	 Guilhotina	 Lâminas
	TIPO DO MOVIMENTO					
ARMAZENAR O BAGAÇO	LOCALIZAÇÃO	INTERNO			EXTERNO	
	RECIPIENTE	CAIXA	CILINDRO	CAIXA COM SUPORTE P/ SACO	ESPAÇO DEDICADO	CILINDRO
TRANSMITIR MOVIMENTO PARA CONDICIONADOR		POLIA / CORREIA	CORRENTE / RODA DENTADA	RODA DE ATRITO	PINHÃO / COROA	EXCÊNTRICO
ARMAZENAR O CALDO	RECIPIENTE					
	SAÍDA DO CALDO			 Tampa estilo garrafa térmica		 Comporta
	LOCALIZAÇÃO	EMBUTIDO	NÃO EMBUTIDO			
COAR		FIXO			MÓVEL	
		TELA	CHAPA FURADA	FILTRO DESCARTÁVEL		

ANEXO 8. Referente ao CAPÍTULO 5, mais especificamente 5.4. Apresenta a perspectiva externa do conceito ergonómico da máquina moenda de cana.

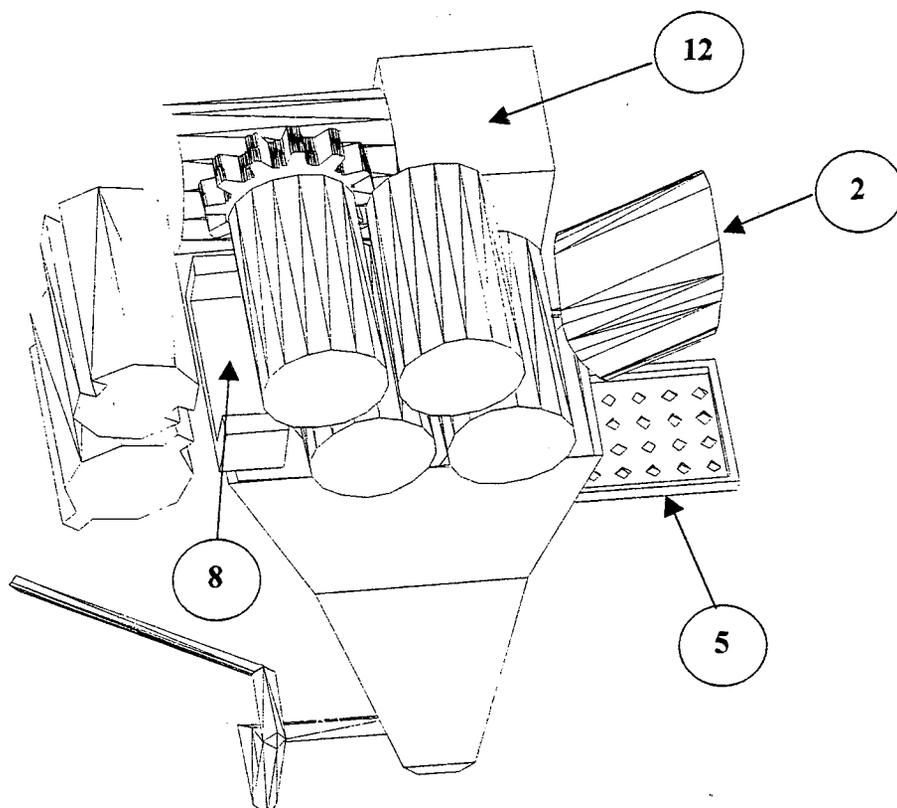


Legenda:

- | | |
|---|---|
| (1) Armazenagem da cana | (8) * Calha para condução do bagaço da cana |
| (2) Entrada da cana na máquina | (9) * Condicionador do bagaço da cana |
| (3) * Rolos cilíndricos | (10) Armazenagem do bagaço da cana |
| (4) * Armazenagem do caldo da cana | (11) Interruptor de alavanca |
| (5) Peneira | (12) * Motor elétrico (moto-redutor) |
| (6) Torneira para coleta do caldo da cana | (13) Rodízios |
| (7) Visor de nível | (14) Tapa de inspeção |

* Ver ANEXO 9.

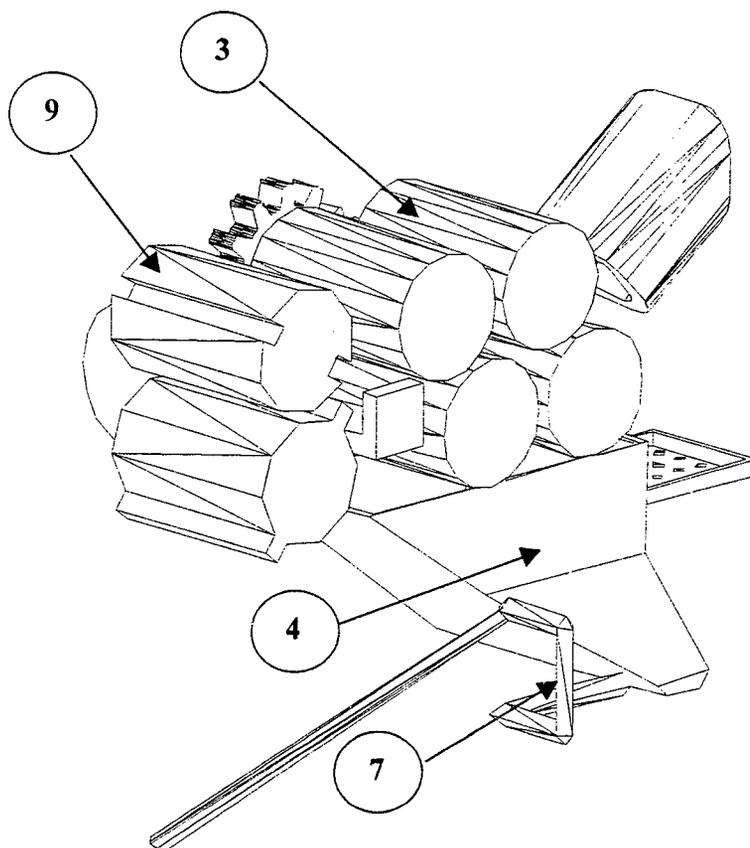
ANEXO 9. Referente ao **CAPÍTULO 5**, mais especificamente 5.4. Apresenta perspectivas internas do conceito ergonômico da máquina moenda de cana.



Legenda:

- (1)* Armazenagem da cana
- (2) Entrada da cana na máquina
- (3) Rolos cilíndricos
- (4) Armazenagem do caldo da cana
- (5) Peneira
- (6)* Torneira para coleta do caldo da cana
- (7) Visor de nível
- (8) Calha para condução do bagaço da cana
- (9) Condicionador do bagaço da cana
- (10)* Armazenagem do bagaço da cana
- (11)* Interruptor de alavanca
- (12)* Motor elétrico (moto-redutor)
- (13)* Rodízios
- (14)* Tampa de inspeção

* Ver ANEXO 8.



GLOSSÁRIO

Ergonomia: segundo SANTOS & FIALHO [1997], a palavra ergonomia é originária do termo grego *ergo* que significa trabalho e *nomos* que significa regras, leis naturais. Em seu sentido etimológico, significa o *estudo das leis de trabalho*. Segundo WISNER apud SANTOS et al [1997b], a ergonomia corresponde a um conjunto de conhecimentos científicos relativos ao homem e necessários para a concepção de ferramentas, máquinas e equipamentos que possam ser utilizados com o máximo de conforto, segurança e eficácia;

Ergonomia de concepção: segundo IIDA [1992], a ergonomia de concepção ocorre quando a contribuição ergonômica se faz nas fases de projeto do produto, da máquina ou ambiente.

Ergonomia de correção: segundo IIDA [1992], a ergonomia de correção é aplicada em situações reais, já existentes, para resolver problemas que se refletem na segurança, em doenças do trabalhador ou na quantidade e qualidade da produção;

Ferramentas de projeto: segundo BAXTER [1998], as ferramentas de projeto podem ser consideradas um conjunto de recomendações para estimular idéias, analisar problemas e estruturar as atividades do projeto. Constituem instrumentos apropriados para se trabalhar no desenvolvimento de produtos;

Máquinas e equipamentos: segundo MORAES & MONT'ALVÃO [1998], significa tudo aquilo que compreende virtualmente qualquer tipo de objeto físico, artefato, dispositivo, meio de trabalho, qualquer mecanismo físico objetivado com o qual o indivíduo executa alguma atividade, com um dado propósito;

Metodologias de projeto de produtos: segundo BACK & FORCELLINI [1997], os métodos de projeto de produtos auxiliam na organização de tarefas, tornando-as mais claras e precisas, ou seja, oferecem suporte lógico ao desenvolvimento de um projeto. A idéia geral é dar uma orientação básica no que deve ser feito desde o início do projeto, por quais caminhos seguir, e os resultados a que se pretende chegar;

Problematização ergonômica do sistema H-M-T: segundo MORAES & MONT'ALVÃO [1998], a problematização ergonômica do sistema homem-máquina-tarefa permite que, na identificação da situação, levante-se a maior quantidade de

informação possível sobre a situação de trabalho, de forma a permitir uma definição clara e objetiva do problema de projeto;

Requisitos de projeto: segundo BACK & FORCELLINI [1997], os requisitos do projeto são características técnicas, possíveis de serem mensuráveis através de algum tipo de sensor, e que o produto necessita ter para atender as necessidades dos clientes;

Sistematização ergonômica do sistema H-M-T: segundo MORAES & MONT'ALVÃO [1998], a sistematização ergonômica do sistema homem-máquina-tarefa permite uma caracterização cuidadosa do sistema em questão, sendo útil durante o planejamento do projeto de máquinas e equipamentos;

Termos de referência: segundo SANTOS et al [1997b], constituem-se de documentação elaborada a partir de dados ergonômicos conhecidos, experiência dos projetistas e das análises de situações similares;

Transferência de tecnologia: segundo SANTOS et al [1997b], é o processo de introduzir um conhecimento tecnológico numa outra realidade onde não foi concebido e/ou executado. Pode ocorrer em diversas modalidades e são responsáveis por muitas catástrofes e doenças profissionais; e

Usuários e operadores: são as pessoas que se utilizam, operam ou entram em contato com máquinas e equipamentos para realização de alguma atividade em postos de trabalho. Segundo BACK & FORCELLINI [1997], são os clientes externos do projeto. Buscam nele conforto e segurança para a realização da atividade.