

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

**DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA PARA O GERENCIAMENTO DE
SISTEMAS DE FIXAÇÃO DE PEÇAS EM PROCESSOS DE USINAGEM
FUNDAMENTADO NA PADRONIZAÇÃO E NA MODULARIDADE**

TESE SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA PARA
OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM ENGENHARIA MECÂNICA

LUIZ AIRTON CONSALTER

FLORIANÓPOLIS, NOVEMBRO DE 1999

DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA PARA O GERENCIAMENTO DE SISTEMAS DE FIXAÇÃO DE PEÇAS EM PROCESSOS DE USINAGEM FUNDAMENTADO NA PADRONIZAÇÃO E NA MODULARIDADE

LUIZ AIRTON CONSALTER

ESTA TESE FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE DOUTOR EM ENGENHARIA

ESPECIALIDADE ENGENHARIA MECÂNICA E APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA



Prof. Lourival Boehs, Dr. Eng. Mec. - Orientador



Prof. Julio Cesar Passos, Dr. - Coordenador da Pós-Graduação

BANCA EXAMINADORA:

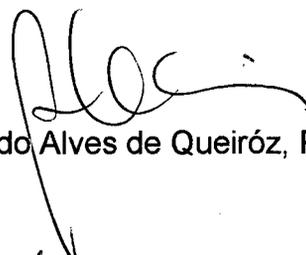


Prof. Lourival Boehs, Dr. Eng. Mec.

Presidente



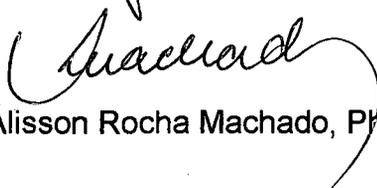
Prof. Nelson Back, Ph.D.



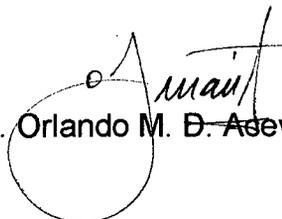
Prof. Abelardo Alves de Queiróz, Ph.D.



Prof. Mercedes Trentini, Ph.D.



Prof. Álisson Rocha Machado, Ph.D.



Prof. Orlando M. D. Azevedo, Dr. Eng. Mec.

Aos meus filhos, Rodrigo e Carolina.

AGRADECIMENTOS

Ao prof. Lourival Boehs, que, na condição de orientador, exerceu essa função em sua plenitude.

Ao prof. Álisson Rocha Machado, pela criteriosa revisão desta tese e pelas diversas sugestões que muito a enriqueceram.

À profa. Mercedes Trentini, pelo balizamento e pelas sugestões referentes ao trabalho de pesquisa qualitativa desenvolvido nesta tese.

Aos membros da Banca Examinadora, de maneira geral, pelas correções e recomendações.

Ao prof. Orlando Mauricio Durán Acevedo, pelo apoio logístico em relação às minhas atividades profissionais, sempre que foi necessário ausentar-me do ambiente de trabalho para desenvolver atividades relacionadas a esta tese.

Às empresas Bobst do Brasil, Btome Indústria Mecânica Ltda., Draft Projetos Industriais Ltda., Industécnica Equipamentos Industriais Ltda., Kronos S.A., Krupp Metalúrgica Campo Limpo Ltda., Kvaerner Pulping Ltda., New Hubner Fundição e Usinagem Ltda., Mannesmann Rexroth Automação Ltda., Semeato S.A. Indústria e Comércio e Vama Industrial Ltda., pelas valiosas informações que subsidiaram o desenvolvimento desta tese.

À Universidade de Passo Fundo, pela concessão da Licença Pós-Graduação para realização do curso de doutorado.

À Capes, pelo apoio financeiro fornecido através do programa de bolsas PICDT.

Ao Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina, que, através do Programa de Pós-Graduação e de seus laboratórios, possibilitou a realização deste trabalho.

Ao colega Juscelino de Farias Maribondo, pela incondicional concessão de uso dos seus conhecimentos e desenvolvimentos tecnológicos em contribuição a este trabalho.

Aos eng. Silvio César Bergamaschi e Fábio Rosa Martelozo, pela colaboração no desenvolvimento das atividades desta tese.

Ao eng. Delmonte Nunes Friedrich, pela assessoria computacional.

À Empresa Provecto Soluções Inteligentes, pela concessão de uso do *software* Gefer 3.0.

Aos técnicos, laboratoristas e funcionários do Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC, pelos serviços prestados.

Às professoras Solange Maria Longhi e Jurema Schons, que sabiamente compreenderam a importância da prorrogação do prazo de minha Licença Pós-Graduação na Universidade de Passo Fundo, viabilizando, assim, a conclusão desta tese.

Ao prof. Luiz Fernando Prestes, pelo apoio estratégico nos momentos decisórios de empreendimento e de perseverança em um trabalho de tese.

Aos meus filhos, pela compreensão de minha ausência e pela paciência quanto a minha espera.

À Magda, pelo estímulo expresso em forma de cobranças.

À minha mãe, pela preocupação demonstrada com minhas inquietudes e pelo apoio concedido.

Aos amigos Lourival Boehs e Astrid Boehs, pela hospitalidade.

À turma da Magda, em Florianópolis, pelas cervejadas, churrascadas e bailadas.

ÍNDICE

Lista de abreviaturas.....	x
Lista de figuras.....	xi
Lista de tabelas.....	xiv
Resumo.....	xvi
Abstract.....	xvii
CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Definições.....	1
1.2 Prefácio.....	3
1.3 Justificativas.....	4
1.4 Objetivo do trabalho.....	9
1.5 Estrutura do trabalho.....	9
CAPÍTULO 2 O TEMA DE PESQUISA: HIPÓTESES E METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO	10
2.1 Hipótese 1.....	10
2.2 Hipótese 2.....	11
2.3 Hipótese 3.....	12
CAPÍTULO 3 REVISÃO DA LITERATURA.....	14
3.1 Projeto de DFPs e gerenciamento de SFPs.....	14
3.2 Metodologias para o projeto de DFPs.....	17
3.3 Vantagens e desvantagens da modularidade e da padronização.....	18
3.4 Pesquisas e desenvolvimentos na área de SFPs.....	20
3.5 Classificação e características gerais dos SFP.....	23
CAPÍTULO 4 PESQUISA SOBRE A SITUAÇÃO DO GERENCIAMENTO DE SFPs NAS EMPRESAS.....	30
4.1 O tipo de pesquisa.....	30

4.2 Os métodos de amostragem.....	30
4.3 O acesso ao campo de pesquisa.....	31
4.4 Os procedimentos para a coleta de dados.....	31
4.5 Os procedimentos para as entrevistas.....	32
4.6 O tratamento das questões de validade e confiabilidade.....	33
4.7 Os procedimentos na análise dos dados.....	33
4.8 Caracterização das empresas e dos informantes.....	34
4.9 Categorização das informações.....	39
4.10 Análise da situação do gerenciamento de SFPs nas empresas.....	39
4.10.1 Planejamento de DFPs.....	40
4.10.2 Construção de DFPs.....	45
4.10.3 Montagem de DFPs.....	47
4.10.4 Padronização de SSFPs.....	51
4.10.5 Modularidade de SSFPs.....	53
4.10.6 Classificação de DFPs e de componentes de fixação.....	55
4.10.7 Codificação de DFPs e de componentes de fixação.....	57
4.10.8 Gerenciamento de informações na área de SFPs.....	58
4.10.9 Registro de informações na área de SFPs.....	60
4.10.10 Preservação do conhecimento na área de SFPs.....	63
4.10.11 Armazenamento de DFPs e de componentes de fixação.....	65
4.10.12 Manuseio e transporte de DFPs.....	67
4.10.13 Manutenção de SFPs.....	68
4.10.14 Controle de DFPs e de componentes de fixação.....	71
4.10.15 Organização e racionalização na área de SFPs.....	80
4.11 Considerações finais.....	83

CAPÍTULO 5 PADRONIZAÇÃO E MODULARIDADE: ELEMENTOS DE

REFERÊNCIA PARA O GERENCIAMENTO DE SFPs.....86

5.1 O gerenciamento de SFPs.....	86
5.2 Sistematização do gerenciamento de SFPs.....	87
5.3 Padronização e gerenciamento de SFPs.....	88
5.4 Modularidade e gerenciamento de SFPs.....	91

a) Controle gerencial de SSFPs do tipo Modular-Generativo.....	167
b) Controle gerencial de SSFPs do tipo Modular-Misto.....	172
c) Controle gerencial de SSFPs do tipo Modular-Customizado.....	174
d) Controle gerencial de SSFPs do tipo Modular-Variante.....	174
e) Controle gerencial de SSFPs do tipo Dedicado-Permanente.....	182
f) Controle gerencial de SSFPs do tipo Dedicado-Temporário.....	187
g) Controle gerencial de SSFPs do tipo Uso-Geral.....	189
h) Sumário sobre o controle gerencial de SFPs.....	192
CAPÍTULO 7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	194
7.1 Conclusões.....	194
7.2 Recomendações para trabalhos futuros.....	197
CAPÍTULO 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	199
ANEXOS.....	208

LISTA DE ABREVIATURAS

- ABNT : Associação Brasileira de Normas Técnicas
- CAD : Projeto Auxiliado por Computador – Computer-Aided Design
- CAM : Manufatura Auxiliada por Computador – Computer-Aided Manufacturing
- CAPP : Planejamento do Processo Auxiliado por Computador – Computer-Aided Process Planning
- CIM : Manufatura Integrada por Computador – Computer Integrated Manufacturing
- DFO : Dispositivo de Fixação e de Orientação de Peças
- DFP : Dispositivo de Fixação de Peças
- DIN : Deutsche Industrie Normen
- FMS : Sistema Flexível de Manufatura – Flexible Manufacturing System
- Gefer : Sistema de Gerenciamento de Ferramentas
- Gefix : Gerenciamento de Sistemas de Fixação de Peças
- GT : Tecnologia de Grupo – Group Technology
- ISO : International Organization for Standardization
- Nedip : Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos
- PC : Computador Pessoal – Personal Computer
- PCP: Planejamento e Controle da Produção
- P&D : Pesquisa e Desenvolvimento
- QMT&T : Técnicas e Ferramentas de Gerenciamento da Qualidade - Quality Management Techniques and Tools
- SCC : Sistema de Classificação e Codificação
- SFP : Sistema de Fixação de Peças
- SSFP : Subsistema de Fixação de Peças
- SGBD : Sistema Gerenciador de Banco de Dados
- SME : Society of Manufacturing Engineers
- UPF : Universidade de Passo Fundo

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação de um DFO guiando uma ferramenta de corte.....	26
Figura 2 - Representação do referenciamento de uma ferramenta de corte em um DFP..	26
Figura 3 - Classificação dos DFPs (SSFPs) segundo a aplicação.....	28
Figura 4 - Padronização de SSFPs no âmbito de empresa.....	90
Figura 5 - Comportamento do custo na aplicação de SSFPs.....	94
Figura 6 - Incrementos acumulados e ganhos de custo fixo na troca de SSFP.....	96
Figura 7 - Evolução dos custos de SSFPs com a troca de lotes de peças.....	97
Figura 8 - Ganho econômico com a modularização.....	98
Figura 9 - Ganhos com a modularização e com a otimização dos SSFPs.....	99
Figura 10 - Comportamento do custo na aplicação de SSFPs.....	101
Figura 11 - Composição esquemática dos SSFPs Modulares-Generativos.....	106
Figura 12 - Exemplos de SSFPs Modulares-Generativos.....	106
Figura 13 - Composição esquemática dos SFP Modulares-Mistos.....	107
Figura 14 - Montagens de SSFPs Modulares-Mistos.....	107
Figura 15 - Composição esquemática dos SSFPs Modulares-Customizados.....	108
Figura 16 - Exemplos de SSFPs Modulares-Customizados.....	108
Figura 17 - Composição esquemática dos SSFPs Modulares-Variantes.....	109
Figura 18 - Exemplos de SSFPs Modulares-Variantes.....	110
Figura 19 - Composição esquemática dos SSFPs Dedicados-Permanentes.....	111
Figura 20 - Exemplo de SSFP Dedicado-Permanente.....	111
Figura 21- Enquadramento dos SSFPs nas características da produção.....	111
Figura 22 - Composição esquemática dos SSFPs ou DFPs Dedicados-Temporários.....	112
Figura 23 - Composição esquemática dos SSFPs tipo Especial (Uso-Geral).....	113
Figura 24 - Exemplos de SSFPs tipo Especial.....	113
Figura 25 - Distribuição dos diferentes SSFPs na produção.....	115
Figura 26 - Modelo de sistemática para gerenciamento de SFPs.....	118
Figura 27 - Taxinomia de SSFPs visando ao gerenciamento sistematizado.....	122
Figura 28 - Arquitetura dos sistemas especialistas.....	124
Figura 29 - Estruturação das diretrizes para as regras de seleção dos SSFPs.....	126

Figura 30 - Árvore de decisão inserida na <i>shell</i> Kappa-PC 2.3.....	131
Figura 31 - Lista de atributos (<i>slots</i>) da classe “Modular”.....	132
Figura 32 - Lista de atributos (<i>slots</i>) da instância “Variante”.....	132
Figura 33 - Faixa de valores do atributo FSU (frequência dos <i>set-up</i>) na instância <i>Uso_Geral</i>	133
Figura 34 - Exemplo de edição de duas regras encadeadas.....	134
Figura 35 - Tela de consulta - Entrada de dados.....	135
Figura 36 - Parte de uma função associada às telas de consulta.....	135
Figura 37 - Parte de um método associado às telas de consulta.....	136
Figura 38 - Tela de consulta, Inicialização e apresentação de resultados.....	137
Figura 39 - Famílias de componentes de SSFPs em dois níveis de desdobramento.....	146
Figura 40 - Subfamília de componentes básicos.....	147
Figura 41 - Subfamília de componentes auxiliares.....	148
Figura 42 - Subfamília de componentes adaptativos.....	149
Figura 43 - Subfamília de componentes especiais.....	150
Figura 44 - Estrutura do código para componentes de SSFPs.....	151
Figura 45 - Primeiro nível de desdobramento da metodologia de projeto de sistemas modulares.....	163
Figura 46 - Telas do Gefer com informações de componentes de SSFPs.....	166
Figura 47 - Arquitetura de fluxos para o controle de SSFPs dos tipos Modular-Generativo, Modular-Misto e Modular-Customizado.....	168
Figura 48 - <i>Layout</i> de montagem de um DFP tipo Modular-Generativo.....	170
Figura 49 - Exemplo de aplicação de SSFP tipo Modular-Misto.....	173
Figura 50 - Arquitetura de fluxos modelada para o controle de SSFPs do tipo Modular-Variante.....	175
Figura 51 - Família de peças e respectivos DFPs de uma célula de manufatura.....	178
Figura 52 - Arquitetura de fluxos modelada para o controle de SSFPs do tipo Dedicado-Permanente.....	182
Figura 53 - Exemplo de DFP tipo Dedicado-Permanente usado em Linhas de Produção.....	184
Figura 54 - Modelo genérico de arquitetura de fluxos para o controle de SSFPs do tipo Dedicado-Temporário.....	187

Figura 55 - Exemplo de DFP tipo Dedicado-Temporário.....	188
Figura 56 - Modelo de arquitetura de fluxos para o controle de SSFPs do tipo Uso-Geral em coexistência com os Dedicados-Permanente.....	190
Figura 57 - Exemplo de SSFP tipo Uso-Geral na forma de um subconjunto modular.....	191

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Síntese das principais características das empresas visitadas.....	37
Tabela 2 - Freqüências de declarações sobre planejamento de DFP.....	41
Tabela 3 - Freqüências de declarações sobre auxílio do computador no planejamento....	44
Tabela 4 - Freqüências de declarações sobre construção de DFP.....	46
Tabela 5 - Freqüências de declarações sobre o auxílio do computador na construção.....	47
Tabela 6 - Freqüências de declarações sobre montagem de DFP.....	48
Tabela 7 - Freqüências de declarações sobre o auxílio do computador na montagem.....	49
Tabela 8 - Freqüências de declarações sobre padronização de SSFPs.....	51
Tabela 9 - Freqüências de declarações sobre o auxílio do computador na padronização de SSFPs.....	53
Tabela 10 - Freqüências de declarações sobre modularidade de SSFPs.....	54
Tabela 11 - Freqüências de declarações sobre classificação de DFPs e de componentes de fixação.....	56
Tabela 12 - Freqüências de declarações sobre o auxílio do computador na classificação.....	56
Tabela 13 - Freqüências de declarações sobre codificação de DFPs e de componentes de fixação.....	57
Tabela 14 - Freqüências de declarações sobre o auxílio do computador na codificação.....	58
Tabela 15 - Freqüências de declarações sobre gerenciamento de informações de SFPs.....	59
Tabela 16 - Freqüências de declarações sobre o registro de informações de SFPs.....	61
Tabela 17 - Freqüências de declarações sobre o auxílio do computador no registro de informações de SFPs.....	62
Tabela 18 - Freqüências de declarações sobre a preservação do conhecimento na área de SFPs.....	63
Tabela 19 - Freqüências de declarações sobre o armazenamento de DFPs.....	65
Tabela 20 - Freqüências de declarações sobre manuseio e transporte de DFPs.....	67
Tabela 21 - Freqüências de declarações sobre manutenção de DFPs.....	68
Tabela 22 - Freqüências de declarações sobre o tema controle na área de SFPs.....	71

Tabela 23 - Frequências de declarações sobre organização e racionalização na área de SFPs.....	80
Tabela 24 - Frequências de declarações sobre o gerenciamento de SFPs.....	82
Tabela 25 - Frequências de declarações sobre a caracterização das empresas visitadas.....	83
Tabela 26 - Atributos e valores dos recursos das empresas associados aos SFPs.....	120
Tabela 27 - Exemplo de formulação do conhecimento para a seleção de SSFPs.....	127
Tabela 28 - Glossário de códigos para o campo a (Tipo funcional).....	152
Tabela 29 - Glossário de códigos para o campo b (Nome do componente).....	153
Tabela 30 - Glossário de códigos para o campo c (Característica operacional).....	153
Tabela 31 - Glossário de códigos para o campo d (Característica operacional).....	154
Tabela 32 - Glossário de códigos para o campo e (Forma mais significativa).....	154
Tabela 33 - Glossário de códigos para o campo f (Dimensão mais significativa).....	155
Tabela 34 - Glossário de códigos para o campo g (Fabricante ou norma internacional)..	155
Tabela 35 - Códigos de encaixe ED-ET.....	156
Tabela 36 - Lista de componentes do DFP tipo Modular-Generativo da Figura 48.....	170
Tabela 37 - Lista de componentes do DFP tipo Modular-Misto da Figura 49.....	173
Tabela 38 - Lista de componentes do DFP tipo Modular-Variante da Figura 51.....	179
Tabela 39 - Componentes do DFP tipo Dedicado-Permanente da Figura 53.....	185
Tabela 40- Componentes do SSFP tipo Uso-Geral da Figura 57.....	191

RESUMO

Partindo do pressuposto de que os Sistemas de Fixação de Peças (SFPs) não têm recebido a devida atenção quanto ao seu desenvolvimento tecnológico, o presente trabalho objetiva desenvolver uma metodologia de gerenciamento nessa área. Para tanto, são formuladas três hipóteses, sendo que a primeira refere-se à falta de metodologia no tema e à sua necessidade para as empresas, o que fica confirmado através de uma revisão bibliográfica e nos resultados de uma pesquisa qualitativa, da qual se extraem os subsídios para a formulação da referida metodologia. A segunda hipótese considera a transformação dos Dispositivos de Fixação de Peças (DFPs) dedicados em modulares como condição para a sistematização do gerenciamento dos SFPs, o que leva a adotar os princípios de padronização e de modularidade e, com isso, viabilizar a sistematização do gerenciamento nesse domínio. A terceira hipótese, sustentada pelas duas primeiras, considera a possibilidade de se formalizar um modelo sistemático de gerenciamento amplo e flexível, o qual é desenvolvido e constitui-se de quatro etapas principais: na primeira, são elaborados procedimentos de análise interna para a identificação das características das empresas; na segunda, é desenvolvido um protótipo de sistema especialista baseado em regras; a terceira etapa consiste no desenvolvimento de procedimentos e orientações organizacionais dos recursos e das informações das empresas, visando à implementação da metodologia de gerenciamento sistematizado e a última etapa consiste na formalização do conjunto de funções e atividades relacionadas ao projeto e à administração dos DFPs. O desenvolvimento da metodologia proposta e os seus resultados, validados em exemplos de aplicação, proporcionam importantes contribuições para o setores produtivo e de P&D, dos quais se destacam: o suporte gerencial às empresas pela formalização de um modelo com base científica, a simplificação e a informatização dos métodos gerenciais dos SFPs das empresas, a indução à prática da Engenharia Simultânea, a unificação das filosofias e dos procedimentos gerenciais entre os sistemas de ferramentas de usinagem e os SFPs e a validação do uso da pesquisa qualitativa na área do conhecimento das engenharias.

ABSTRACT

Due to the fact that fixturing is not the central point of industrial research, this thesis aims at defining a methodology for fixtures management in this domain. The work is structured on three hypothesis. First the need of industrial firms on having an structured methodology for fixtures management. Second, the transformation of dedicated fixtures into modular ones, as a condition for implementation of a management system. The last one, which is based on the other two hypothesis, considers the feasibility of formalizing a systematic model for fixtures management. This management model has to be generic and flexible and deployed into four phases: Company study, fixtures selection, rationalization of the fixtures department and, planning and control of the fixtures. In the first phase internal company surveys are established. At the second phase, a rule-based expert system was developed. The third phase consisted in the definition of a series of organizational procedures for fixtures management. The last phase constitutes the formalization of a set of function dedicated to project and administration of the fixtures. The proposed methodology and the validation through its application contribute significantly for Research and Development, as well as for the industrial sector. The main contribution, from the author point of view, is the creation of a referential model for informatization of the fixturing management activities, the orientation according the Concurrent Engineering philosophy and the unification of management procedures between the machining tool systems and fixturing, and the incorporation of Qualitative Research techniques into Manufacturing Engineering, as an analysis tool.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 Definições

Com a finalidade de facilitar o entendimento dos assuntos abordados no presente trabalho, é importante revisar algumas definições, bem como formular outras, o que se faz em seqüência.

- **Função:** “É uma descrição abstrata e genérica de uma verdade, que busca reunir parte de um todo em si, através de grandezas de entrada, saída e de estado de um sistema, para o desempenho de uma tarefa” (VDI apud Maribondo et alii, 1999a).
- **Função global:** “Trata-se de uma função mais abrangente, que reúne em si todas as demais funções (básicas, auxiliares, adaptativas, especiais e específicas dos consumidores) que compõem o desempenho de uma determinada tarefa” (Pahl e Beitz apud Maribondo, 1999).
- **Dispositivo:** “ Conjunto de meios planejadamente dispostos com vista a um determinado fim” (Ferreira, 1986). “ Maneira particular como estão dispostos os órgãos de um aparelho” (Bueno, 1996).
- **Dispositivo de fixação de peças (DFP):** Conjunto de componentes de fixação planejadamente dispostos, cuja função global é fixar uma determinada peça ou conjunto de peças em relação a uma máquina ou equipamento, tendo as funções específicas de posicionar e sustentar tais peças.
- **Componente de fixação:** Elemento funcional de forma e dimensões definidas que, combinado com outros componentes, constitui um dispositivo de fixação de peças (DFP) ou partes deste.
- **Sistema:** Arranjo ordenado de componentes que interagem entre si e/ou com outros sistemas, para cumprir uma tarefa ou função num determinado ambiente

- **Sistema de fixação de peças (SFP):** Conjunto de dispositivos de fixação de peças (DFPs), de componentes de fixação e de procedimentos envolvidos nas tarefas de fixação de peças em uma empresa.
- **Subsistema de fixação de peças (SSFP):** Conjunto de componentes de fixação destinados à concepção e à montagem de diferentes DFPs.
- **Padrão:** "Aquilo que serve de base ou norma para a avaliação de qualidade ou quantidade. Qualquer objeto que serve de modelo à feitura de outro" (Ferreira, 1986).
- **Padronização:** "Redução dos objetos do mesmo gênero a um só tipo, unificado e simplificado, segundo um padrão ou modelo preestabelecido. Unificação dos processos de fabricação desses objetos. A padronização da indústria visa a facilitar a produção em massa" (Ferreira, 1986).
- **Interface:** "É a forma ou meio de união, de comunicação ou de transmissão entre dois ou mais módulos" (Maribondo et alii, 1999a).
- **Módulo:** "Consiste de um ou mais componentes ou sub-montagens que, simultaneamente, reúnem os seguintes requisitos: habilidade para suportar testes funcionais, adaptabilidade com relação à função corrente, interface padronizada, e máxima permutabilidade sem afetar a função ou ajuste" (Hillströn apud Maribondo, 1997).
- **Modularidade:** "É uma forma de interação de componentes, subsistemas, e mecanismos, com módulos distintos, a fim de gerar diferentes produtos finais. Ou ainda, é uma forma especial de projeto na qual, intencionalmente, cria-se um alto grau de dependência ou fácil acoplamento entre os componentes do projeto, pela padronização das especificações de suas interfaces" (Maribondo et alii, 1999a).
- **Modularização:** "Consiste na decomposição de produtos e modelos acabados numa lista de itens que serão rearranjados dentro de módulos, normalmente em grupos de itens, os quais podem ser planejados como um grupo" (Romanos apud Maribondo et alii, 1999a).

Considerando as definições acima, destaca-se a existência de uma formação hierárquica na estrutura organizacional dos SFPs, de maneira que esses sistemas constituem um ambiente ou setor da empresa em que estão inseridos os SSFPs, os quais,

por sua vez, são constituídos pelos componentes de fixação que, quando combinados total ou parcialmente, poderão compor os diferentes DFPs.

1.2 Prefácio

Dentre as atividades envolvidas nos processos de fabricação por usinagem, a fixação de peças ainda é uma das mais problemáticas. O nível de abstração para a solução de problemas nos Sistemas de Fixação de Peças (SFPs) é muito elevado, sendo altamente dependente da experiência dos projetistas e dos processistas. Com o passar dos anos, essa experiência não foi devidamente documentada, de maneira que os processos de fabricação continuam convivendo com as dificuldades e a falta de soluções para os problemas de fixação de casos que já ocorriam no passado e que, eventualmente, poderiam até ter sido resolvidos. Assim, os novos processistas e projetistas, desconhecendo soluções já desenvolvidas, acabam desperdiçando muito tempo no planejamento do processo de fabricação, o que poderia ser evitado se as informações necessárias sobre os SFPs estivessem disponíveis de forma organizada e sistematizada.

Mesmo nos antigos sistemas de produção artesanal, em que os fatores tempo e custo não tinham a importância que têm atualmente e a qualidade do produto dependia predominantemente da habilidade do artesão, já se sentia a necessidade de desenvolver melhores métodos de projeto e de uso dos DFPs. Com a produção em massa, consolidou-se a padronização de peças, que viabilizou o uso de mão-de-obra menos qualificada, liberando os profissionais mais experientes e qualificados para trabalhos considerados de maior complexidade e responsabilidade. Esse foi um fator que contribuiu profundamente para o descaso com os SFPs.

No paradigma da produção flexível, a produtividade, o custo, a qualidade e a flexibilidade propriamente dita são palavras de ordem nas quais se inserem fatores, como curto ciclo de vida dos produtos, crescentes exigências dos consumidores e reduzidos tempos de fabricação. Esses fatores, associados à evolução dos paradigmas da produção artesanal para a produção em massa e, depois, para a flexível, geraram uma crescente quantidade de requisitos, procedimentos e considerações administrativas no projeto e no

uso dos DFPs, de maneira que tais atividades não podem mais ser consideradas de forma casual. Tem-se, assim, a necessidade urgente de uma metodologia sistemática de gerenciamento dos SFPs, indispensavelmente auxiliada por computador.

O gerenciamento de SFPs consiste no conjunto de decisões a serem tomadas e de ações a serem desenvolvidas em uma empresa visando, sobretudo, reduzir os custos e aumentar a produtividade dos processos de fabricação, caracterizando-se como uma atividade de planejamento dos recursos dos SSFPs e do uso dos DFPs sob os aspectos técnico, logístico e estratégico. As decisões e ações de planejamento técnico dizem respeito ao projeto e à utilização dos DFPs, com forte interação de informações tecnológicas entre os setores de projetos e de processos, de maneira que as peças a serem fixadas possam ser fabricadas com segurança, qualidade e economia. O aspecto logístico do gerenciamento corresponde à disponibilização dos recursos físicos e das informações dos SSFPs no local certo e no momento oportuno, requerendo pleno domínio da situação da empresa e da capacidade fabril, em que se incluem os setores de produção, de projetos, de manutenção, almoxarifado, compras e os próprios fornecedores de DFPs ou de seus componentes. As decisões de planejamento estratégico tratam da expansão ou da redução da capacidade dos recursos do SFP da empresa, envolvendo questões de padronização e de modularização dos SSFPs, bem como de racionalização e de *lay-out* da área de SFPs, geralmente associados com novos investimentos e novas filosofias administrativas.

Como já foi referido, os problemas com fixação de peças, principalmente no que se refere ao gerenciamento de SFPs, não têm recebido a atenção devida nas últimas décadas e, por conseqüência, a área de SFPs não tem acompanhado a evolução tecnológica dos processos, máquinas e ferramentas de usinagem. Assim, muitas são as justificativas para que o problema seja estudado de forma abrangente, algumas das quais se expõem a seguir.

1.3 Justificativas

De acordo com Wiendahl (1994), a complexidade dos sistemas produtivos é a causa crucial de muitos problemas de gerenciamento nas indústrias. Baseado em

resultados de uma pesquisa realizada por Eversheim em empresas alemãs entre 1975 e 1990, o pesquisador destaca, entre outras informações, que: (a) houve um crescimento de 400% na diversidade de peças; (b) o *lead-time* de fabricação poderia ter sido 50% menor; (c) 60% do *lead-time* do produto são gastos nas fases de projeto e de planejamento; (d) a taxa de utilização técnica da fábrica é de apenas 60%; (e) como consequência, as principais tendências de reação das indústrias apontam para a descentralização de funções, a concentração de esforços no corpo de especialistas da empresa e a exploração da criatividade, da experiência e da competência dos funcionários. Por parte da ciência e da tecnologia, Wiendahl (1994) apresenta três grupos de reações que os cientistas podem usar como instrumentos de controle da complexidade nas empresas: conceitos, modelos e ferramentas. Assim, considera-se que o gerenciamento sistematizado de SFPs utilizando um modelo adequado, isto é, representativo de suas necessidades, é um instrumento valioso para reduzir a complexidade dos sistemas produtivos das empresas. Por sua vez, entende-se que essa representatividade só poderá ser alcançada por meio de um trabalho de pesquisa de campo, ou seja, a partir de um estudo que permita caracterizar a situação vigente e os procedimentos adotados nas empresas quanto aos seus SSFPs.

As dificuldades inerentes aos SFPs têm origem na sua defasagem tecnológica em relação aos avanços dos sistemas de fabricação nos quais estão inseridos. Ou seja, enquanto técnicas computacionais como CAD e CAM foram amplamente implementadas nas empresas, os SFPs, que se situam na interface entre as áreas de projeto e de fabricação, ainda se encontram num segundo plano de importância relativa, apesar dos significativos desenvolvimentos científicos e tecnológicos que vêm ocorrendo em vários institutos de pesquisas em nível mundial.

A tendência das práticas de fabricação tem sido de produzir grandes variedades de peças complexas em pequenos lotes e com reduzidos *lead-times*, gerando produtos de alta qualidade e de baixo custo. Essas são algumas exigências para a competitividade das empresas que as conduzem à necessidade de uma fabricação flexível e integrada por computador, como no caso típico dos Sistemas Flexíveis de Manufatura (FMS), e que tornam relevante a aplicação de sistemas CAPP. Segundo Hirsch et alii (1994), embora vários sistemas CAPP tenham sido desenvolvidos nas últimas três décadas, estes não foram tão usados nas empresas como os sistemas CAD e CAM. Isso é facilmente compreensível ao se observar que, entre os diferentes módulos do CAPP

satisfatoriamente desenvolvidos, como, por exemplo, a seleção de ferramentas de corte e a determinação de condições de usinagem, o módulo SSFPs ainda não apresenta resultados funcionais no nível dos demais. Como esses módulos são interdependentes, a eficácia dos sistemas CAPP e, conseqüentemente, dos FMS fica restringida pelo módulo SSFPs por causa da grande influência dos tempos e custos de preparação no planejamento, no projeto de montagem e na construção dos DFPs para aplicações específicas. Portanto, como resultado dessa problemática, surgem os estrangulamentos no processo produtivo com a conseqüente perda na competitividade das empresas. Em princípio, os maiores efeitos são verificados nas empresas de grande porte e de elevados níveis de automação e flexibilização, porém o problema é geral e se estende até a pequenas empresas que utilizam SSFPs Dedicados: nas primeiras, os problemas relacionam-se principalmente com montagens; nas últimas, predominam os problemas de projeto e de fabricação dos DFPs.

Segundo Tomek, citado por Veeramani (1992), o investimento inicial em SSFPs e ferramentas de corte pode alcançar até 25% dos investimentos feitos em um FMS. E, de acordo com Boyle, também citado por Veeramani (1992), o gasto financeiro com SSFPs e ferramentas de corte é sete a dez vezes maior que o capital empregado no equipamento durante sua vida útil.

A utilização de SSFPs é uma atividade complexa em que muitos fatores devem ser considerados e correlacionados. O mais claro reflexo dessa situação está representado pela grande quantidade de empresas que ainda adotam métodos manuais de definição dos procedimentos de fixação, com decisões baseadas na experiência pessoal e, por isso, sujeitas a improvisações. Assim, a otimização do uso dos SSFPs está entre os desafios que, atualmente, mais necessitam de atenção e desenvolvimento tecnológicos.

A determinação do SSFP mais apropriado para uma certa aplicação deve levar em conta todos os fatores que, direta ou indiretamente, interferem na fixação de uma peça que representa um produto, considerando todo o seu ciclo de vida, isto é, desde a concepção da idéia até o descarte. Assim, de uma maneira genérica, pode-se dizer que devem ser considerados os fatores relacionados com os consumidores, o mercado, o projeto do produto, o processo de fabricação e o sistema de produção. Tais fatores podem ser agrupados nas seguintes categorias: fatores da evolução tecnológica, fatores

tecnológicos relativos ao produto, fatores administrativos e operacionais da produção, fatores tecnológicos funcionais e fatores logísticos.

Os fatores da evolução tecnológica relacionam-se com as tendências na indústria, com destaque para os avanços devidos ao auxílio do computador. O paradigma da fabricação flexível e integrada (FMS/CIM) depara-se com situações técnico-administrativas, como os aumentos da capacidade, do desempenho e da diversidade das máquinas-ferramenta, a aplicação dos sistemas de controle da produção com o uso de protocolos e redes locais de comunicação e a opção pelos princípios da Engenharia Simultânea. Nesse contexto, as exigências em relação aos SFPs direcionam-se para aplicações mais flexíveis ou para a necessidade de uma maior variedade de componentes de fixação e de concepções de montagem de DFPs. Conseqüentemente, os SSFPs mais flexíveis representam um aumento de componentes de fixação, o que dificulta o controle de inventário e aumenta os custos. Sobretudo, fica evidente a crescente necessidade do computador para desempenhar as atividades de gerenciamento dos SFPs.

Os fatores tecnológicos relativos ao produto são originários dos desejos e anseios dos consumidores, sendo, portanto, resultado de seu comportamento. Assim, têm-se fatores como: curtos ciclos de vida dos produtos, rápida obsolescência dos projetos, alteração de demanda com aumento do *mix* de produtos e com redução do tamanho dos lotes de peças, intensificação da competitividade quanto aos preços, à disponibilidade e à qualidade dos produtos e aumento da complexidade das peças. Todos esses fatores influem direta ou indiretamente no projeto e na funcionalidade dos DFPs durante o processo de fabricação das peças que compõem os respectivos produtos. São, portanto, considerados principalmente na seleção, montagem, armazenamento, inventário e validação dos DFPs e de seus componentes. Existe uma importante relação entre os fatores relativos ao produto e os fatores funcionais e logísticos dos SSFPs, conforme será descrito adiante.

Como fatores administrativos e operacionais dos SSFPs entendem-se, no contexto deste trabalho, aqueles que afetam os procedimentos técnicos e econômicos da produção, entre os quais se destacam as decisões sobre o planejamento e projeto dos DFPs. São eles: *lead-time* de fabricação, índice de refugo, exigências crescentes de qualidade em peças de maior precisão, aumento da produtividade, redução de custos, aproveitamento otimizado do investimento de capital em máquinas e ferramental, escassez de mão-de-

obra qualificada e conseqüente aumento de seu custo, expectativa de redução da jornada de trabalho e melhoria das condições de trabalho.

Os fatores tecnológicos funcionais dos SSFPs são aqueles cujos efeitos afetam diretamente o resultado técnico do processo de fabricação e que são dependentes dos demais fatores envolvidos na problemática dos SFPs. Por exemplo, a complexidade da peça, que é um fator tecnológico relativo ao produto, influi sobre os princípios de projeto, o tipo e a montagem do DFP, os quais, por sua vez, são fatores tecnológicos funcionais que irão determinar o tempo de fixação (*set-up*) e as precisões dimensional e de forma da peça usinada. Os fatores tecnológicos funcionais dos SSFPs referem-se ao projeto dos DFPs e são os seguintes: requisitos de projeto, classificação (tipos), montagem, flexibilidade, acessibilidade, rigidez, precisão, segurança, considerações cinemáticas, deformações, atrito, interações de *features* e manufaturabilidade.

Os fatores logísticos correspondem aos aspectos administrativos dos SSFPs no chão-de-fábrica, incluindo os procedimentos relativos aos seguintes aspectos: armazenamento, codificação, controle de inventário, almoxarifado, espaço fabril, transporte, disponibilidade e manutenção dos DFPs e de seus componentes.

No domínio dos SFPs, todos esses fatores atuam numa rede de interdependência, de maneira que o comportamento de um atua sobre as características de outro, resultando em uma combinação de procedimentos para uma certa aplicação. Tem-se, assim, que o principal problema no âmbito dos SFPs é a administração do conjunto dos fatores, o que deve ocorrer por meio de um modelo sistemático e confiável de gerenciamento a ser implantado na indústria.

Na realidade, os processos de fabricação convivem com muitos problemas complexos e inter-relacionados com os SFPs, cujo reflexo mais evidente é a constatação de grande quantidade de empresas que ainda adotam métodos manuais e já obsoletos para a definição dos procedimentos de fixação de peças, tomando decisões dogmáticas e, por vezes, sujeitas a improvisações. Por sua vez, os esforços para solucionar os problemas na área de SFPs limitam-se predominantemente ao campo de pesquisa e desenvolvimento acadêmicos, ou seja, raramente são direcionados às situações práticas vigentes nas indústrias.

1.4 Objetivo do trabalho

Diante desse panorama, o presente trabalho tem por objetivo obter os subsídios teóricos e práticos necessários para o gerenciamento de SFPs e, a partir disso, realizar o desenvolvimento de um modelo sistematizado que possa contribuir para a redução dos atuais problemas gerenciais dos SFPs das empresas que trabalham com processos de usinagem.

1.5 Estrutura do trabalho

No presente trabalho, além da introdução e justificativa contidas neste capítulo 1, é apresentado o tema da pesquisa com três hipóteses no capítulo 2. O capítulo 3 apresenta uma revisão bibliográfica sobre tema SFPs. No capítulo 4, descrevem-se a metodologia empregada e os resultados obtidos com a realização de uma pesquisa qualitativa sobre a situação do gerenciamento de SFPs nas empresas, fazendo-se a análise dos dados coletados. O capítulo 5 discorre sobre importantes aspectos da padronização e da modularidade que, após as devidas adequações à área de SFPs, servem de base para o desenvolvimento de uma metodologia de gerenciamento. No capítulo 6, é apresentado um modelo para o gerenciamento de SFPs apoiado na modularidade e na padronização. No capítulo 7, são expostas as conclusões do trabalho e as recomendações para pesquisas futuras. Finalmente, no capítulo 8, estão listadas as referências bibliográficas que embasaram o desenvolvimento deste trabalho.

CAPÍTULO 2

O TEMA DE PESQUISA: HIPÓTESES E METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO

No contexto de fixação de peças em processos de fabricação por usinagem, estão inseridos diversos SSFPs, com diferentes componentes individuais, muitos requisitos de projeto e de fabricação dessas peças, uma enorme diversidade de formas de peças, com geometrias complexas e outras mais simples, além dos aspectos administrativos relacionados aos sistemas de produção. Essa situação gera um enorme volume de informações e de procedimentos que dificultam profundamente o gerenciamento dos SFPs e a utilização dos SSFPs nas empresas que trabalham com processos de usinagem. Conseqüentemente, à medida que os processos de fabricação evoluem, impulsionados pelo desenvolvimento tecnológico e pela globalização de mercado, o gerenciamento sistematizado e informatizado de SFPs torna-se cada vez mais importante para o aumento da competitividade das empresas, tanto sob a ótica da flexibilidade e agilidade nos processos de fabricação, quanto dos baixos custos e da qualidade dos produtos.

É nesse panorama que se insere a problemática do gerenciamento de SFPs e, ao mesmo tempo, a preocupação com a forma de solucioná-la. Nesse sentido, configuram-se três hipóteses que se desencadeiam sucessivamente e são descritas a seguir, com suas respectivas formas de abordagem no contexto deste trabalho.

2.1 Hipótese 1

Com base no conhecimento empírico e no senso comum sobre a situação dos SFPs nas empresas, tem-se a seguinte hipótese:

“As empresas não possuem uma metodologia formalizada para realizar o gerenciamento sistemático de SFPs e necessitam de apoio para suprir tal carência”.

É preciso, entretanto, comprovar essa suposição com alto grau de confiabilidade, por meio de uma investigação consistente e representativa da situação real dos SFPs nas empresas. Para isso, recorre-se a uma revisão bibliográfica sobre o assunto e a uma

pesquisa de campo junto a empresas do setor metal-mecânico que trabalham com processos de usinagem. Juntas, essas duas atividades representam o primeiro objeto do presente trabalho.

A revisão bibliográfica é realizada nos moldes tradicionais de busca e aglutinação de informações relevantes sobre o tema SFPs, tomando por base a literatura; portanto, sua metodologia dispensa maiores comentários.

A pesquisa de campo referente a este trabalho é caracterizada como uma pesquisa qualitativa, cujas origem e aplicação habitual estão direcionadas para a área do conhecimento humano. Portanto, o caráter tecnológico deste trabalho requer, inicialmente, a realização de um estudo sobre os fundamentos, métodos e técnicas da pesquisa qualitativa para, após, desenvolver-se a metodologia específica e de caráter científico a ser aplicada nas empresas. Feita a aplicação, os dados obtidos são tratados e analisados de maneira a se configurar um diagnóstico realístico da situação de gerenciamento de SFPs nas empresas do setor metal-mecânico, o qual servirá de base para a formulação de um modelo sistemático de gerenciamento na área, nos seus diversos aspectos, entre os quais se destacam: o planejamento dos DFPs, o seu uso, o controle e o tratamento de suas informações.

2.2 Hipótese 2

Tomando por base as dificuldades que a complexidade e a diversidade de itens e de informações acarretam no gerenciamento de SFPs, tem-se a segunda hipótese do trabalho, qual seja:

“Utilizando uma metodologia apropriada, é possível transformar, ao menos parcialmente, a concepção dos SSFPs Dedicados e Especiais em SSFPs Modulares e, com isso, realizar mais facilmente a sistematização dos procedimentos gerenciais na área de SFPs”.

A forma de abordar essa hipótese fundamenta-se nos princípios de padronização e de modularidade dos DFPs e seus componentes individuais, de maneira a se obter um conjunto limitado de tipos desses dispositivos. Para isso, são desenvolvidos e discutidos

os procedimentos metodológicos de padronização e de modularidade no âmbito de empresa, representando, assim, o segundo objeto do presente trabalho.

Os procedimentos metodológicos referentes à padronização na área de SFPs representam, fundamentalmente, estratégias e diretrizes gerais envolvendo questões técnicas e administrativas do projeto de DFPs e do uso dos SSFPs nas empresas.

No que se refere à modularidade, os procedimentos metodológicos relacionam-se com questões tecnológicas e, sobretudo, econômicas da aplicação dos SSFPs, de maneira a ampliar o campo de abrangência dos SSFPs Modulares e direcionar os SSFPs Dedicados e Especiais, bem como os seus componentes, para a modularização.

Os dois aspectos, associados, ou seja, a padronização e a modularidade dos SSFPs, são tratados neste trabalho de forma a originar uma taxinomia de tipos na qual todas as suas variantes e componentes se enquadrem, tomando por base os critérios técnicos e econômicos relacionados com as características dos sistemas produtivos vigentes nas empresas. Com isso, reduzem-se a diversidade de itens e a variedade de informações, contribuindo para a facilidade do gerenciamento na área de SFPs.

2.3 Hipótese 3

As hipóteses anteriores dão sustentação a uma suposta solução para a problemática do gerenciamento de SFPs nas empresas, representada pela terceira hipótese deste trabalho, qual seja:

“Dispondo de informações representativas da situação do gerenciamento de SFPs nas empresas e adotando os princípios de padronização e de modularidade, é possível desenvolver um modelo de gerenciamento sistematizado de SFPs que seja adaptável e aplicável aos diversos SSFPs, aos diferentes processos de usinagem, tipos de produtos e sistemas de fabricação”.

Com essa hipótese, surge a questão: como deve ser esse modelo de gerenciamento do ponto de vista dos usuários, ou seja, daqueles que vivenciam o problema, desenvolvem as soluções específicas e acumulam experiências? Portanto, é fundamental que, juntamente com os preceitos teóricos, sejam coletadas informações sobre os procedimentos praticados durante o uso dos DFPs. Tem-se, assim, identificado o

terceiro objeto do trabalho, como sendo a formalização do modelo de gerenciamento de SFPs, elaborado com base em procedimentos técnicos e administrativos adotados por empresas do setor metal-mecânico nos seus processos de fabricação por usinagem. Confirmada essa hipótese e formalizado o modelo de gerenciamento, poder-se-á contribuir significativa e decisivamente para a redução dos problemas anteriormente apontados.

O desenvolvimento do modelo de gerenciamento de SFPs consiste na elaboração de procedimentos, diretrizes e orientações a serem aplicados em etapas seqüenciais e bem definidas, cujas entradas sejam as características de cada empresa e a saída seja uma norma interna desta.

Numa primeira etapa, são elaborados os procedimentos que caracterizam uma determinada empresa, visando identificar seus atributos e valores, com base nos seus recursos e estratégias, para posterior enquadramento no SSFP mais apropriado. Nessa etapa, os procedimentos voltam-se para uma análise interna da empresa.

A etapa seguinte consiste na formulação de um modelo para regras de decisão, objetivando a seleção do SSFP mais adequado às características de cada empresa, obtidas na etapa anterior. Essa ação é baseada em critérios técnicos, econômicos e administrativos da aplicação dos SSFPs. Nesta etapa, os procedimentos são direcionados para o uso de sistemas especialistas.

Para a terceira etapa, já tendo a indicação do SSFP mais apropriado, são elaborados os procedimentos e orientações para a racionalização e organização dos SFPs das empresas. A elaboração desses procedimentos e orientações ampara-se fortemente nos aspectos de padronização, modularidade, redefinição de recursos, estrutura de classificação e codificação, arranjo físico e recursos humanos.

Numa etapa final, elaboram-se os procedimentos para efetivação do planejamento e do controle sistematizados dos SSFPs, de maneira que tanto o projeto dos DFPs quanto a administração dos SSFPs ocorram de forma regimentada, informatizada e documentada. Nesta etapa, recorre-se à aplicação de uma metodologia já existente para projeto modular e modularização e a um sistema computacional de gerenciamento de banco de dados. São contemplados, aqui, os procedimentos relacionados com todas as fases do processo de projeto de produtos, bem como as questões de controle de estoque, fluxo, disponibilidade, inventário, entre outras de caráter administrativo da área de SFPs.

CAPÍTULO 3

REVISÃO DA LITERATURA

A literatura consultada permitiu constatar que os esforços de P&D dispendidos nos últimos anos no domínio dos SFPs direcionam-se às atividades de projeto. Logo, as questões organizacionais e técnico-administrativas que caracterizam o gerenciamento de SFPs praticamente não estão contempladas na literatura especializada, salvo raras exceções (Boerma, 1988). Esse fato, por si só, indica a carência de trabalhos científicos sobre o assunto, o que vem reforçar a importância de desenvolvimentos nesta área. Percebe-se, entretanto, que grande parte das atividades e das considerações de projeto de DFPs representam também tarefas de gerenciamento, sobretudo na fase de planejamento desses. Tal situação fica evidenciada em modelos de referência para integração de informações (Hsu et alii, 1995 e Beard, 1991) e de coordenação entre planejamentos de usinagem e de DFPs (Teramoto et alii, 1998). Assim, reforça-se a interatividade existente entre o projeto e o gerenciamento de SFPs.

3.1 Projeto de DFPs e gerenciamento de SFPs

As considerações de projeto dos DFPs, notadamente na fase de projeto conceitual ou planejamento, em grande parte se aplicam ao seu gerenciamento, demonstrando que há uma forte inter-relação entre esses dois campos de atividades (Consalter, 1996). Isso pode ser constatado pela análise dos diversos princípios e critérios contemplados no projeto de DFPs (Consalter, 1996) e de sua correlação com as atividades dos processos de fabricação. Nesse sentido, Nee et alii (1995) afirmam que “o projeto de DFPs é inseparável do planejamento do processo, e portanto, para que qualquer sistema CAPP tenha utilidade prática, deve incluir o projeto de DFPs”.

De acordo com Walker (1967), o projeto de DFPs é realizado sobretudo em vista de metas econômicas que justifiquem necessidades específicas, entre as quais estão a redução do tempo de fabricação, a redução do custo do produto, a garantia de repetibilidade geométrica e dimensional e a facilidade de montagem. Percebe-se, nas metas econômicas estipuladas por Walker para o projeto de DFPs, que a correlação referida já estava nelas implícita há mais de três décadas.

Um dos primeiros aspectos do planejamento dos DFPs é a seleção da concepção de montagem mais apropriada para a respectiva aplicação, processo que envolve o gerenciamento dos critérios que influem nas decisões dos projetistas. Por sua vez, tais critérios, relacionados a seguir, fundamentam-se na aplicação dos DFPs e, portanto, estão inseridos no processo de fabricação, com o que se percebe, novamente, a correlação entre projeto de DFPs e gerenciamento de SFPs. Três categorias interdependentes constituem os principais critérios de seleção dos DFPs, a saber (Carr Lane, 1995a): os custos, que correspondem aos gastos de aquisição, utilização e disposição; os detalhes construtivos, que correspondem às características fundamentais e aos recursos especiais incorporados no projeto e na construção, e a operacionalização, que representa a performance do DFP, levando em conta os fatores segurança, precisão, durabilidade, automatização e máquina-ferramenta. Além desses critérios, muitas características necessitam ser analisadas, as quais, segundo Hoffmann (1998), envolvem a peça a ser fixada, o processo de fabricação, a máquina-ferramenta e o próprio DFP.

No sentido da integração das atividades de projeto de DFPs e de gerenciamento de SFPs, os sistemas CAD têm tido um papel preponderante, sobretudo para as questões de planejamento dos DFPs e de controle dos seus componentes. Para alguns usuários de DFPs, o controle inicia-se no departamento de CAD/CAM, pelo uso de bibliotecas eletrônicas de componentes de DFPs implantadas em sistema de banco de dados. Num trabalho conjunto entre os setores de projetos e de processos, os componentes de DFPs são virtualmente montados no CAD, juntamente com o desenho da peça a ser fixada. Essa montagem, então, pode ser importada para um sistema CAM, com a conseqüente geração automática do respectivo programa CNC (Beard, 1991) e posterior arquivamento eletrônico de cada novo caso de montagem de DFP. Adicionalmente, o desenho de conjunto do DFP obtido no CAD pode ser acrescido de informações relevantes para o trabalho do operador ou preparador de máquina, como no caso da localização dos pontos

de apoio e fixação da peça, dos torques ou forças de fixação admissíveis, das dimensões críticas do DFP, dos pontos de referenciamento para a programação CNC, além de instruções sobre a rotina ou seqüenciamento das operações de fixação da peça. Outro aspecto relevante da aplicação dos sistemas CAD na área de SFPs corresponde ao seu auxílio ao projeto de montagem automática através do uso de sistemas especialistas, atuando como meio de entrada e de saída de informações geométricas, conforme pode ser visto ao longo desta revisão bibliográfica.

De acordo com Consalter (1996), alguns princípios fundamentais de projeto são comuns a todos os DFPs, ao passo que outros, mais específicos, restringem-se a algumas concepções de projetos. Entre os princípios gerais, estão os seguintes: reduzidos tempos improdutivos, carga e descarga da peça, manuseio e movimentação, estabilidade e rigidez, segurança e simplicidade. Já, os princípios específicos estão relacionados às funções de referenciamento, posicionamento, sustentação e imobilização da peça.

Observa-se, na literatura especializada, que os DFPs atuais mantêm as mesmas funções básicas dos seus antecessores, ou seja, apesar da evolução dos processos de fabricação e, particularmente, dos avanços nos métodos de fixação, os princípios básicos dos DFPs ainda são os mesmos, conforme pode ser constatado em diversas fontes bibliográficas veiculadas nos últimos trinta anos (Walker, 1967; Kempster, 1968; Jones, 1972; Carr Lane, 1992; Hoffmann, 1998).

A evolução dos métodos de fixação pode ser sintetizada por alguns exemplos de desenvolvimentos cujos DFPs e respectivos componentes devem ser gerenciados do ponto de vista da flexibilidade e da produtividade. São eles: torres com morsas modulares de troca rápida para aplicação em FMS (Koelsch, 1997; Koepfer, 1996; Simon, 1991); DFPs com acionamento a vácuo para peças planas e delgadas de materiais não metálicos, usinadas em processos de fresamento e furação com exigência de tolerâncias apertadas (Koepfer, 1997); DFPs Modulares de acionamento magnético para aplicações em peças de várias geometrias e em diferentes processos de usinagem (Barton, 1997); DFPs concebidos em estrutura modular de concreto polimérico, usados como torres sobre *pallets* de centros de usinagem, ou combinados com componentes modulares convencionais para fixação de carcaças de válvulas (Wieke, 1998).

Segundo Nee et alii (1995), apesar dos ganhos de produtividade obtidos com a automação das rotinas de projeto e das tarefas de manufatura, quase 85% de todos os

planos de processos e projetos de DFPs são realizados manualmente, além de raramente serem feitos planos detalhados de otimização. Os autores afirmam que “os DFPs representam um investimento considerável, sendo que algumas estimativas apontam 40% a 60% do custo total da produção, e que, apesar disso, a maioria das empresas não se beneficiou do auxílio do computador, mantendo-se ainda na era dos habilidosos artesãos”. Uma avaliação dessa situação, com vistas a elucidar o futuro da P&D nessa área, levou os autores referenciados a apontarem, entre outras tendências, que o desenvolvimento de novos DFPs e de novas metodologias de projeto depende fortemente do desenvolvimento de processos e de métodos de produção.

3.2 Metodologias para o projeto de DFPs

No que se refere às metodologias de projeto voltadas para os DFPs e apresentadas na literatura consultada (Boyes, 1989; Nee et alii, 1995; Carr Lane, 1995a), percebe-se um nível de abstração incompatível com um procedimento sistemático que possa ter processamento computacional. Apesar disso, essas metodologias apresentam fluxo seqüencial e listas orientativas direcionados especificamente ao projeto de DFPs; assim, proporcionam um nível de abstração relativamente menor que metodologias mais genéricas de projeto de produtos (Ullman, 1992; VDI, 1989; Back, 1983; Fabricky, 1981).

Reportando-se a futuras metodologias de projeto de DFPs, Nee et alii (1995) prevêem que as rápidas mudanças nos ambientes FMS levarão a três opções metodológicas de projeto de DFPs: a primeira refere-se à Engenharia Simultânea, envolvendo o setor de projeto; a segunda considera a Tecnologia de *Features* e a terceira consiste na execução do projeto conceitual do DFP através do raciocínio baseado em casos (CBR). Com base nisso, considera-se que as tendências metodológicas para o projeto de DFPs caracterizam-se como tais ou, quando muito, como trabalhos acadêmicos de P&D. No entanto, o presente momento exige metodologia sistematizada de projeto de DFPs que possa ser posta em prática. Os recursos disponíveis nesse sentido, considerados mais próximos dessa exigência, estão representados pelas metodologias de projeto modular, as quais, em princípio, podem ser aplicadas no desenvolvimento de

DFPs. Nessa linha de trabalhos de P&D, podem ser destacadas as metodologias de projeto modular desenvolvidas por Pahl e Beitz (1996), Erixon et alii (1996), Gu et alii (1997), entre outras. Cada uma dessas metodologias foi sintetizada e comentada por Maribondo et alii (1999b), os quais concluíram que, “embora existam esforços para a apresentação de metodologias de projeto voltadas para o desenvolvimento de produtos modulares, ainda constata-se que os seus processos de projeto não são uniformes e que o nível de abstração de suas fases e passos, que conduzem a criação dos módulos e das interfaces, ainda é elevado”. Diante de tais constatações, esses autores elaboraram diretrizes básicas para o desenvolvimento de uma metodologia de projeto de sistemas modulares, acreditando que, “em aplicações futuras, seja possível obter propostas metodológicas mais claras, melhor documentadas e mais fáceis de entender e utilizar”.

Em outro trabalho dos autores (Maribondo et alii, 1999c), é apresentada uma proposta metodológica de projeto de sistemas modulares que, embora seja direcionada a uma área de aplicação específica, caracteriza-se por um alto grau de detalhamento e de sistematização das atividades de projeto modular ou de modularização e, sobretudo, pela aplicabilidade ao desenvolvimento de qualquer produto ou sistema modular.

Liu (1994 e 1995), considerando os benefícios da modularidade, principalmente as questões de flexibilidade e intercambiabilidade de componentes, desenvolveu uma metodologia de projeto para a modularização de DFPs Dedicados. Essa metodologia é abrangente e envolve tarefas de classificação dos DFPs Dedicados da empresa, desenvolvimento de regras de montagem de componentes modularizados e projeto modular dos componentes de fixação.

3.3 Vantagens e desvantagens da modularidade e da padronização

Segundo Maribondo (1997), quando se procura padronizar componentes de produtos, busca-se fazer uso da modularidade, da qual decorrem dois benefícios: a padronização de componentes e a habilidade para alcançar uma variedade de produtos através da combinação de componentes. Percebe-se, assim, a inter-relação entre a

modularidade e a padronização, de forma que as vantagens e desvantagens passam a ser comuns a ambas.

De acordo com Pizzatto (1998), as vantagens e as limitações dos sistemas de produtos modulares sobre os tradicionais são apresentadas em dois grupos de interesse: os fabricantes e os consumidores. Uma lista dessa vantagens e limitações encontra-se compilada na literatura (Maribondo, 1997 e Pizzatto, 1998), da qual se destacaram as mais relevantes, a saber:

- **vantagens para os fabricantes:** documentação pronta; mudanças no projeto apenas em casos especiais; redução nos prazos de entrega; simplificação das tarefas; redução de tempos de *set-up* de máquinas; redução do número de componentes; fácil reciclagem; redução do custo de estoque;
- **desvantagens para os fabricantes:** impossibilidade de atendimento de desejos especiais dos consumidores; mudanças na linha de produtos requerem maior tempo em razão dos custos envolvidos; elevação de custos de elaboração das interfaces dos módulos; facilidade de cópia do produto;
- **vantagens para os consumidores:** entrega rápida; as mudanças em produtos e a ampliação da capacidade destes são mais fáceis; manutenção facilitada; melhores serviços de reposição de peças; melhor desempenho dos produtos em razão de projetos mais elaborados; redução dos custos por causa da economia de escala;
- **desvantagens para os consumidores:** em alguns casos, perda da compacticidade e do mínimo peso; impossibilidade de atendimento de pedidos especiais.

Para Erlandsson et alii (1992), o aumento da modularidade de um produto exerce efeitos positivos no fluxo total de informações e de materiais desde o seu desenvolvimento e compra até a sua estocagem e entrega. As vantagens obtidas com os produtos modulares são encontradas nas cinco áreas listadas em seqüência (Erlandsson, 1992 e Erixon et alii, 1994):

- **Área de desenvolvimento de produto e de sistema de manufatura:** redução do *lead-time* de desenvolvimento de produtos; módulos e sistemas de manufatura podem ser projetados simultaneamente; mudanças de produtos

podem ser introduzidas de forma menos drástica; possibilidade de testar cada módulo durante a fase de desenvolvimento;

- **Área de manufatura:** redução de *lead-time* de fabricação, de material direto, de montagem e de custo indireto; melhorias no processo de fabricação; melhor qualidade de trabalho no ambiente de manufatura;
- **Área de vendas:** possibilidade de atualização dos produtos; possibilidade de reprojeto de produtos já existentes;
- **Área de compras:** simplificação da estrutura de produto, com um alto grau de similaridade entre departamentos; possibilidade de uso do mesmo sistema computacional em diversos departamentos; possibilidade de compra de módulos padronizados;
- **Área de planejamento:** possibilidade de simplificação do planejamento através de um fluxo principal; os diferentes módulos são feitos de acordo com a necessidade (tipo sistema kanban);
- **Área de serviços e pós-venda:** possibilidade de trocar de módulos e de reposição provisória durante reparos.

Segundo Sosale et alii (1997), módulos comuns podem ser padronizados e produzidos em grandes lotes, aumentando-se a eficiência e a qualidade da produção e reduzindo-se custos, além de contribuir para a padronização em nível de empresa.

Kusiak & Huang (1996) relatam os seguintes benefícios potenciais da modularidade: economia de escala; aumento da viabilidade de troca de produto/componente; aumento da variedade de produtos; redução do *lead-time*, fragmentação dos riscos; facilidade de diagnóstico, de manutenção, de reparos e de disponibilidade dos produtos.

3.4 Pesquisas e desenvolvimentos na área de SFPs

O uso do computador nos processos de fabricação já vem ocorrendo há algum tempo, porém somente na década de 1990 essa tecnologia passou a ser intensamente

explorada no domínio dos SFPs. Até então, apenas procedimentos empíricos eram utilizados pelos profissionais experientes nessa prática, basicamente voltados para atividades de projeto de DFPs. Com a evolução tecnológica na área de fabricação, surgiram novas situações no domínio dos SFPs, como a gradativa escassez de profissionais habilitados, a evolução dos sistemas CAD, a conveniência dos SSFPs modulares, entre outros. Evidenciaram-se, assim, os trabalhos de pesquisa e desenvolvimento em programas computacionais dedicados à solução de problemas de projeto voltados para o planejamento, a seleção, a montagem e a validação de DFPs. O resultado disso foi uma variedade de modelos direcionados ao uso de programas computacionais, com diferentes níveis de automatização.

Verifica-se, em síntese, que os trabalhos de P&D no domínio dos SFPs concentram-se na área de projetos, tanto voltados a metodologias de projeto quanto a programas computacionais de auxílio à seleção e à montagem de DFPs, com grande enfoque para o uso de sistemas especialistas cada vez mais bem assessorados pela tecnologia de *softwares*.

A seguir, procura-se apresentar o panorama da P&D na área de SFPs com base nas informações da literatura especializada.

Segundo Maziero (1998), “um sistema especialista tem por finalidade dotar programas de computador com um tipo de mecanismo de análise que, através do uso de regras, fatos ou *frames*, possibilite modelar informações não algorítmicas (heurísticas), que não possuem uma representação matemática exata”. Em complemento, Giarrantano e Riley (1994) definem sistemas especialistas como “programas computacionais que utilizam conhecimento e procedimentos de inferência para resolver problemas complexos que necessitam de um conhecimento muito específico para a sua solução”. Outras definições de sistemas especialistas são encontradas na literatura, porém não faz parte do escopo deste trabalho apresentá-las, nem fazer a descrição dos sistemas especialistas, assunto que se encontra detalhado na literatura especializada (Waterman, 1996 e Giarrantano, 1994), ou sintetizado em outros trabalhos de pesquisa (Ogliari, 1999; Maziero, 1998, e Rezende, 1996).

De maneira geral, esses sistemas especialistas foram direcionados ao planejamento e montagem de DFPs Modulares e desenvolvidos para fins acadêmicos, tendo pouca participação de fabricantes ou de usuários; portanto, apresentam uma base

de conhecimentos práticos muito limitada. Percebe-se que a concepção dos primeiros sistemas especialistas foi direcionada, prioritariamente, para aplicação em peças prismáticas de geometria relativamente simples, utilizando regras no seu mecanismo de inferência (Darvishi e Gill, 1988 e 1990; Huang e Trappey, 1992). Observa-se, também, que o período em que essa situação se evidenciou coincide com os anos de desenvolvimento e consagração dos sistemas especialistas baseados em regras, ou seja, entre 1985 e 1992, aproximadamente. Já nesse período e em sua seqüência, passaram a ser incorporadas novas metodologias para estruturação e processamento de dados nos sistemas especialistas, como a tecnologia de *Features* (Kumar et alii, 1992; Siong et alii, 1992; Pereira e Cunha, 1996; Dong e De Vries, 1991; Hirsch et alii, 1994; Yue e Murray, 1994) e a Lógica *Fuzzy* (Jiang et alii, 1988). No entanto, não houve aumento no número de publicações disponíveis sobre seleção e montagem, nem sobre gerenciamento de SFPs.

O auxílio gráfico do computador no domínio dos SFPs concentra-se nos sistemas especialistas, atuando como meio de entrada e de saída de informações para os respectivos programas computacionais (Ngoi e Leow, 1994; Pham e Sam Lazaro, 1990; Siong et alii, 1992; Hirsch et alii, 1994; Sayeed e Meter, 1994). Na entrada, dependendo do caso, as informações da geometria da peça são extraídas do CAD e compiladas adequadamente à base de conhecimento, ou um extrator de *features* é acionado; na saída, são apresentados, graficamente, os componentes selecionados e as montagens processadas. Para isso, estão disponíveis complexos mecanismos de interfaceamento entre o CAD e os diferentes módulos de cada sistema especialista, possibilitando também a execução, armazenamento e recuperação de desenhos, bem como a introdução de bibliotecas gráficas na base de dados (Sun e Chen, 1993). Apesar da grande contribuição dos sistemas CAD no domínio dos SFPs, algumas dificuldades e limitações ainda persistem, das quais a principal está na deficiência de total compatibilidade de interfaceamento entre o CAD e o sistema especialista. A principal limitação corresponde à falta de “inteligência” dos sistemas CAD, que não possibilitam a identificação de superfícies usináveis ou representações de entidades não geométricas. Aliás, esta última limitação está sendo superada com o auxílio dos recursos da tecnologia de *Features*.

Constata-se, também, na literatura disponível, que foi dada atenção significativa à questão cinemática dos DFPs, considerando problemas críticos como a rigidez, a precisão

de posicionamento, as deformações e a influência de atrito na fixação das peças. E nesses aspectos, novamente, os recursos computacionais têm estado presentes, notadamente os *softwares* aplicativos para análise de tensões e modelamento de sólidos. Paralelamente, os fabricantes de DFPs, pressionados pela crescente flexibilização dos processos de fabricação, vêm desenvolvendo soluções interessantes para os problemas de chão-de-fábrica, com destaque para concepções de DFPs mais versáteis, flexíveis e padronizados (Hallum, 1995).

Considerando que os requisitos técnicos e funcionais dos DFPs devem ser satisfeitos para a sua validação antes do uso, foram desenvolvidos e aplicados métodos de engenharia estruturados em uma linguagem computacional e processados com finalidades específicas, como análise e síntese cinemática do conjunto peça/DFP, verificação de deformações e deslocamentos por ação das forças de usinagem e de fixação, testes de colisão entre ferramenta de corte, peça e DFP, análise de tensões e considerações de atrito na interface peça/DFP (Pereira e Cunha, 1996; Sayeed e Meter, 1994; Menassa e De Vries, 1989 e 1991; Trapey e Liu, 1992; Lee e Cutkosky, 1991; Lee e Cho, 1994; Lee e Haynes, 1987; Cogum, 1990). Entretanto, com exceção dos programas de elementos finitos para análise de tensões e deformações utilizados pelos fabricantes de SSFPs Modulares, os demais caracterizam-se como trabalhos acadêmicos ainda em estágio de pesquisa e desenvolvimento.

Entende-se que a carência de literatura ou de trabalhos de P&D específicos sobre gerenciamento de SFPs deve-se principalmente à diversidade de informações que devem ser tratadas simultaneamente e à complexidade tecnológica envolvida nesse domínio. Cabe lembrar que essa situação é semelhante àquela do início dos trabalhos científicos sobre gerenciamento de ferramentas de usinagem (Boehs, 1988 e 1992), que, atualmente, têm apresentado resultados de P&D significativos, inclusive com forte aceitação pelo setor industrial.

3.5 Classificação e características gerais dos DFPs

Segundo Liu (1995), grande parte da habilidade de experientes engenheiros projetistas de DFPs não é facilmente transmitida de uma geração para outra, visto que,

normalmente, esses dispositivos não foram adequadamente classificados, ou suas partes funcionais não foram claramente especificadas.

Com a intenção de resguardar experiências passadas de projetos de DFPs para facilitar o trabalho de projetistas iniciantes, Grant (1982) desenvolveu uma metodologia para organizar e documentar as mais diversas soluções de projeto obtidas a partir de indústrias de vários países. O resultado do trabalho pode ser considerado uma classificação genérica de DFPs não padronizados, baseada no critério funcional e apresentada na forma de desenhos técnicos. Certamente, essa classificação pode contribuir para a solução de problemas de projeto conceituai, porém, em virtude da inconsistência da estruturação de suas informações para ordenamento computacional, não é apropriada para o gerenciamento de SFPs.

Por parte dos fabricantes de DFPs, também houve a preocupação em organizar a grande variedade de itens, até mesmo por uma questão de *marketing*. Assim, encontram-se informações sobre procedimentos para a divisão dos tipos de DFPs segundo a aplicação, o processo e o tipo de máquina-ferramenta (Carr Lane, 1995a). No entanto, a divisão dos tipos, por qualquer um dos três critérios, limita-se, quando muito, a uma única subdivisão, o que caracteriza uma classificação muito genérica. Por outro lado, os fabricantes de SSFPs Modulares normalizaram seus produtos e adotam algum sistema de codificação, o que é fundamental para um gerenciamento computadorizado. Porém, um problema na conjuntura dos fabricantes de SFPs Modulares é a falta de uma padronização para classificação e codificação dos componentes de fixação. O que se verifica, na prática, é o uso, por parte de cada fabricante, de uma codificação própria em grande parte dos itens e de outra normalizada por algum instituto, como AISI e DIN, ou associação do país-sede da empresa, conforme se pode constatar em catálogos de produtos dessas empresas (Carr Lane, 1995b e Erwin Halder, 1992).

Desde que a Tecnologia de Grupo (TG) foi desenvolvida (Mitrofanov, 1959; Burbidge, 1975), tornou-se necessário um sistema eficiente de classificação e codificação para as famílias de peças a serem usinadas. A partir de então, diferentes modalidades desses sistemas foram desenvolvidas (Lorini, 1993), as quais são passíveis de uso em outros domínios além do de peças usinadas. Esse procedimento foi aproveitado por Jiang (1988) para classificação e codificação de componentes de fixação, quando do

desenvolvimento de um sistema computadorizado para projeto de DFPs destinados a ambientes de fabricação por Tecnologia de Grupo.

Um recurso relativamente recente para a classificação de DFPs consiste na utilização das características de seus componentes devidamente codificados, considerando sua funcionalidade e as características das peças a serem fixadas. Conhecido como Tecnologia de *Features*, esse recurso foi utilizado por Nee et alii (1992 e 1995) para o desenvolvimento de uma metodologia de classificação de DFPs, desenvolvida com o fim de auxiliar as tarefas de projeto. Nela são utilizados um modelador de sólidos, um extrator de *features* e uma *shell* de sistema especialista, levando em consideração o princípio de similaridade entre os componentes de fixação. A classificação desenvolvida aplica-se tanto em nível de componentes de fixação quanto no dos DFPs propriamente ditos. No primeiro caso, os componentes são divididos nas subclasses denominadas *elementos*, *princípios* e *set-ups*, tendo cada subclasse instâncias e atributos. No segundo caso, os DFPs designados para peças prismáticas são categorizados por localizadores, fixadores e tipo de máquina, sendo cada categoria dividida em subclasses com base em seu princípio operacional, as quais também contêm os respectivos atributos.

Adicionalmente, Liu e Lee, citados por Liu (1995), afirmam que, de acordo com os conceitos de Tecnologia de Grupo, os DFPs podem ser codificados com base na sua categorização pela forma das peças a serem fixadas.

Uma metodologia de classificação mais criteriosa que pode ser adotada para os DFPs, e de aplicação direcionada ao uso em células de fabricação, é o sistema de classificação e codificação por família de peças. Para este sistema, foram desenvolvidos diversos métodos, como, por exemplo, o Opitz, o Miclass, o KK-3 e o SCC (Lorini, 1993).

De forma genérica, os DFPs podem ser divididos em dois grupos principais: os dispositivos exclusivos de fixação (*fixtures*) e os dispositivos de fixação e orientação (*jigs*) (Carr Lane, 1995a). Os primeiros, que no escopo deste trabalho serão denominados *dispositivos de fixação de peças* (DFPs), têm a função única de fixar adequadamente¹ as peças; já os dispositivos de fixação e orientação (DFOs) destinam-se a guiar a ferramenta, além de terem a função de fixar adequadamente¹ a peça.

¹ O termo *adequadamente* significa que a peça deve estar presa, suportada e posicionada para a operação.

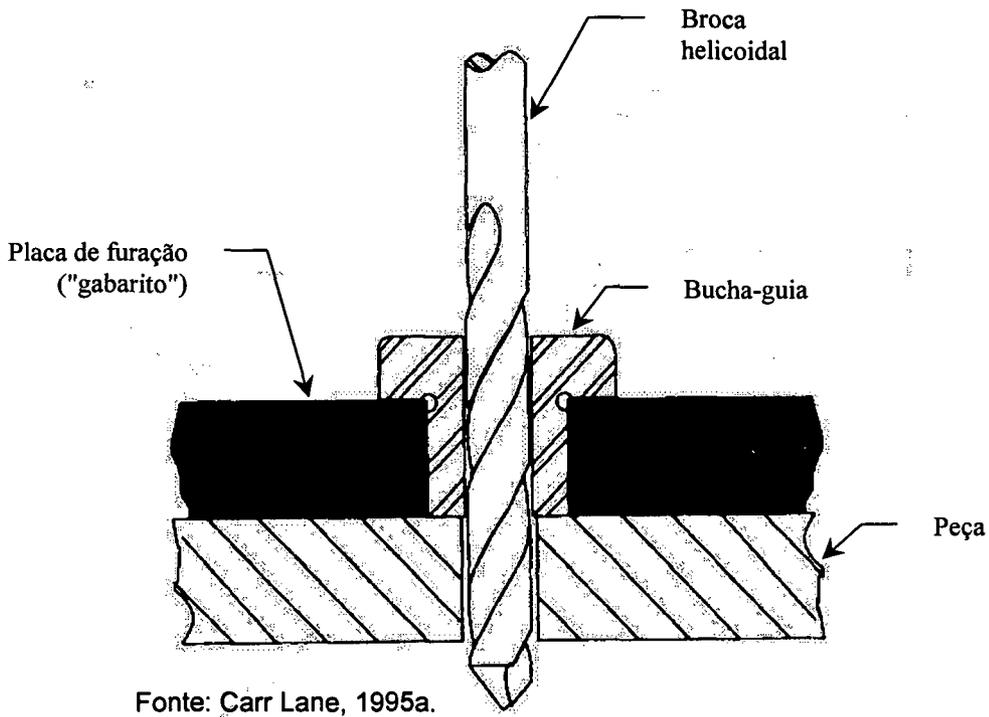


Figura 1 - Representação de um DFO guiando uma ferramenta de corte.

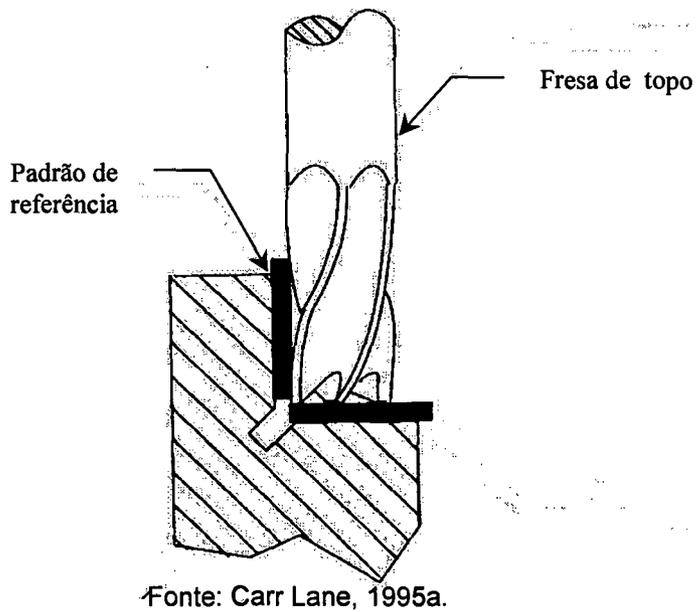


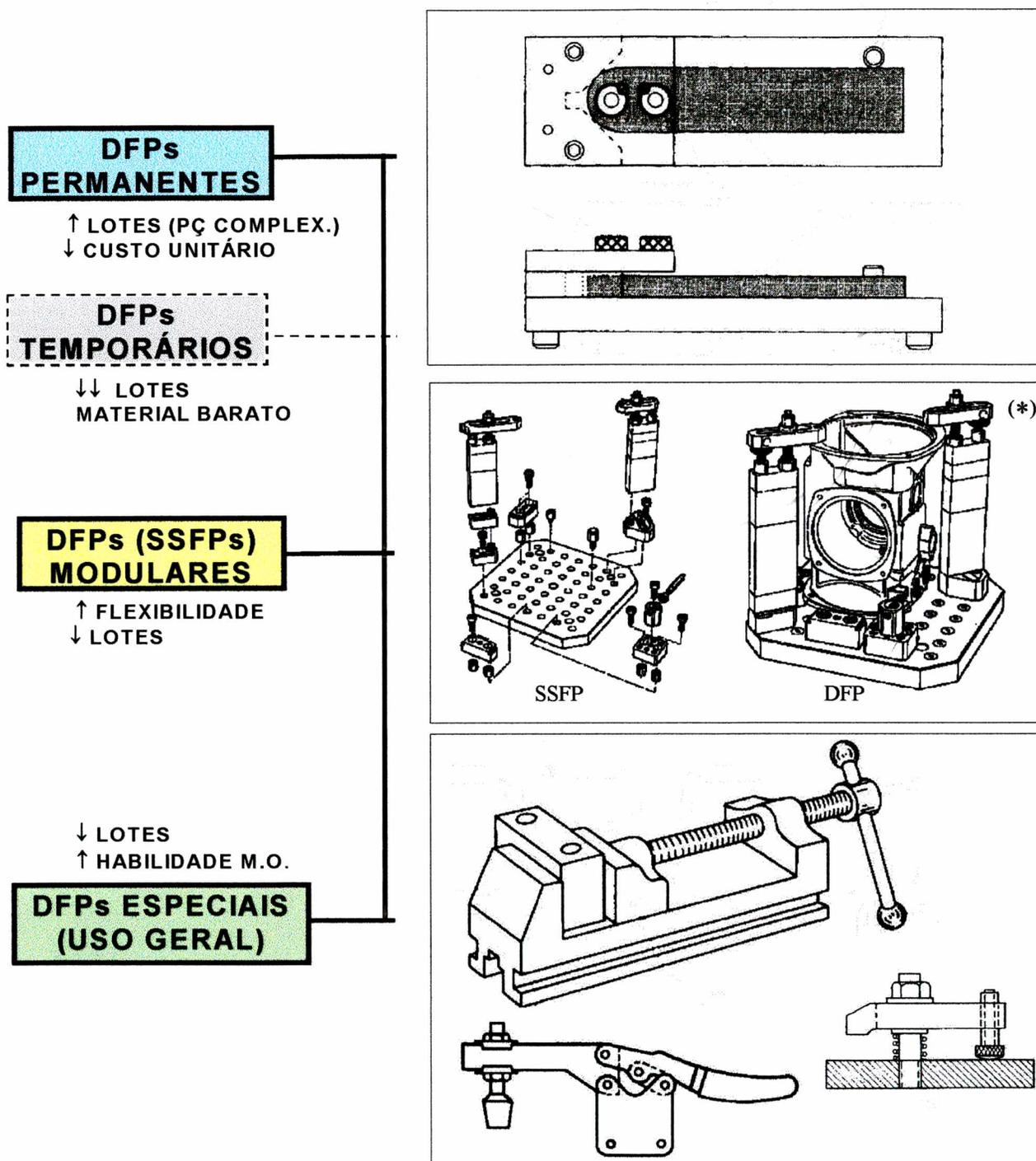
Figura 2 - Representação do referenciamento de uma ferramenta de corte em um DFP.

Normalmente, entre os projetistas e processistas, existe uma certa confusão na definição de DFP e de DFO. A sutil diferenciação entre os dois dispositivos está na interação com a ferramenta, como foi mencionado anteriormente, ou seja, ambos prendem, suportam e posicionam a peça, porém, enquanto o DFO guia a ferramenta, o DFP a referencia, conforme está ilustrado nas Figuras 1 e 2.

Os DFPs são acoplados na máquina-ferramenta de maneira que qualquer movimento desses sistemas é determinado pelos movimentos de componentes da máquina. Esses dispositivos normalmente são classificados de acordo com o tipo de máquina a que são adaptados ou quanto ao tipo de processo de usinagem ao qual estão relacionados. Assim, têm-se os DFPs para torneamento, fresamento, retificação, mandrilamento, brochamento, entre outros. Outra maneira de classificação desses dispositivos toma por base as características construtivas, tendo-se SFP planos, angulares, morsas, indexáveis e multipeças (Carr Lane, 1995a).

Os DFOs, de aplicação mais restrita que os DFPs, normalmente são movimentados e posicionados pelos operadores da máquina para diferentes estações ou ferramentas. Os DFOs mais comuns são aqueles destinados aos processos de furação e mandrilamento, estando a diferença entre ambos no tipo, no tamanho e na localização das respectivas buchas; geralmente, as buchas para mandrilamento são maiores. Os DFOs para furação são os mais usados e suas aplicações se estendem para outros processos similares, como roscagem, alargamento, chanframento, rebaixamento e escareação, além de operações de montagem.

Enquanto as classificações descritas são relevantes para o projeto de DFPs, a classificação segundo a aplicação é a mais apropriada para o seu gerenciamento. Conforme esse critério, os DFPs, ou mais propriamente os SSFPs, podem ser classificados nos seguintes tipos (Carr Lane, 1992 e 1995a): Permanentes, Temporários, Modulares e Especiais ou de Uso Geral, conforme ilustração da Figura 3. O principal fator de distinção nessa classificação é a relação custo/benefício entre o DFP e o processo de fabricação, ou seja, em alguns casos, a produtividade é mais importante; já, em outros, a precisão é primordial, o que influi diretamente na seleção do tipo e, conseqüentemente, nos custos a ela associados.



Fonte: Carr Lane, 1995a.

(*) Indústécnica, 1996

Figura 3 - Classificação dos DFPs (SSFPs) segundo a aplicação.

Os **DFPs Permanentes** são usualmente empregados na produção de grandes lotes de peças, preferencialmente em operações de usinagem que requerem um único *set-up*. Quanto mais completos e automatizados forem esses DFPs, menor será a interferência do operador e maior a contribuição para a produtividade. Assim, resultará num menor custo unitário por peça, desde que o volume de produção seja suficientemente grande para justificar os respectivos investimentos no projeto e na fabricação do DFP.

Os **DFPs Temporários** destinam-se a volumes de produção muito pequenos ou para usinagem de lotes unitários. São construídos com materiais facilmente disponíveis e baratos, que são posteriormente descartados. Embora, em virtude da sua concepção, possam ser tecnicamente considerados Permanentes, efetivamente, em função dos lotes muito pequenos ou unitários, são Temporários.

É comum encontrar na literatura o termo “Dedicados” em substituição aos DFPs “Permanentes” ou “Temporários, do qual também se fará uso neste trabalho.

Os **DFPs Especiais ou de Uso Geral** caracterizam-se por serem adaptáveis a diferentes máquinas e peças e serem usados repetidas vezes na produção de pequenos lotes de peças. Esta característica de versatilidade resulta na necessidade de operadores qualificados para assegurar a precisão e a consistência da peça, não sendo, por isso, indicados para uso em produção seriada. O custo destes DFPs é facilmente amortizado.

Os **DFPs tipo Modular** apresentam as vantagens dos Permanentes, como tempo de *set-up*, durabilidade e produtividade, utilizando uma montagem temporária e combinando concepções de projeto e componentes dos DFPs Permanentes e de Uso Geral. Os Modulares são desmontados após a usinagem de um lote de peças e, posteriormente, remontados para novas fixações em outros lotes.

As aplicações típicas dos DFPs se dão em processos de usinagem; no entanto, freqüentemente são usados para montagem, metrologia, inspeção e testes. Algumas operações em que os DFPs são aplicados (Carr Lane, 1995a):

- usinagem de superfícies planas: fresamento, retificação, aplainamento;
- usinagem de superfícies cilíndricas: torneamento, retificação cilíndrica;
- usinagem de superfícies irregulares: brochamento, serramento;
- montagens: soldagem, estampagem, rebitagem;
- inspeção: medições mecânicas, óticas, eletrônicas;
- acabamento superficial: pintura, polimento, lapidação, brunimento;
- outros: *lay-out* de modelos, testes, tratamentos térmicos.

CAPÍTULO 4

PESQUISA SOBRE A SITUAÇÃO DO GERENCIAMENTO DE SFPs NAS EMPRESAS

4.1 O tipo de pesquisa

Este trabalho consiste numa pesquisa qualitativa não experimental e descritiva, planejada e concebida como uma pesquisa do tipo *Survey*, com algumas características específicas da Pesquisa de Avaliação (Polit e Hungler, 1995). Entretanto, no transcorrer de sua efetivação, a pesquisa passou a adquirir consistência e detalhamento suficientes para se caracterizar como uma triangulação de desenhos dos tipos empírico, teórico e metodológico/tecnológico (Demo, 1991).

4.2 Os métodos de amostragem

No caso particular desta pesquisa, é conveniente distinguir dois aspectos na amostragem: a amostra de tipos de empresas e a amostra de informantes.

Para a definição da amostra de tipos de empresas, identificadas na seção 4.8, foram adotados os seguintes critérios:

- diversidade de peças usinadas;
- diferentes tipos de sistema de produção²;
- posição de referência quanto à aplicação de SSFPs: por fabricante ou por usuário;
- direcionamento ao uso de SSFP Modulares.

Quanto à definição da amostra de informantes para todas as empresas, seria mais apropriado adotar a estratégia de amostras intencionais (Morse, 1991), pela qual eles são escolhidos de acordo com a necessidade do estudo. Porém, considerando que não se tinha conhecimento prévio de quem, nas empresas, teria melhores condições de prestar informações, considerou-se oportuna adequada a estratégia de amostras indicadas (Morse, 1991). Os critérios adotados para a definição da amostragem dos informantes foram os seguintes:

² Sistemas: dedicado, flexível, *job-shop*.

- experiência com SFPs;
- conhecimento e domínio de todos os aspectos dos SFPs em cada empresa visitada;
- capacidade de fazer descrições e narrativas claras e completas;
- disposição e interesse quanto à realização da pesquisa.

É oportuno e conveniente realizar pesquisas observacionais paralelamente aos *Surveys*. Neste caso, a amostragem observacional por evento (Polit e Hungler, 1995) mostrou-se a mais apropriada.

4.3 O acesso ao campo de pesquisa

Considerando o aspecto de relacionamento com empresas, esta pesquisa caracterizou-se por visitas técnicas. Essas foram planejadas a partir de “negociações”, nas quais foram estabelecidas regras e condições para a condução dos trabalhos técnicos.

No caso desta pesquisa, as empresas participantes foram previamente sondadas, tendo consentido com as visitas. Numa etapa posterior, efetuou-se um pedido formal à direção de cada uma delas para a realização do trabalho, o qual foi acompanhado pela apresentação inicial do projeto de pesquisa. Após a concordância formal das empresas com o pedido, passou-se ao planejamento das atividades, que envolveu datas, procedimentos, regras e condições. Nessa fase, foram esclarecidos e combinados todos os procedimentos relativos à efetivação da pesquisa, como a seleção dos informantes, os locais da entrevista e das observações, o cronograma de atividades e o compromisso de sigilo quanto à identificação dos informantes e das empresas; ainda, acertos necessários e oportunos quanto ao cumprimento da metodologia para o tipo de pesquisa em questão.

4.4 Os procedimentos para a coleta de dados

Em razão das limitações já referidas anteriormente, a coleta de dados foi realizada em uma única visita por empresa, portanto através de uma entrevista de sessão única e de uma pesquisa observacional.

Para a coleta de dados foi utilizado o método do auto-relato com técnica estruturada e, quando possível, introduziu-se o método da observação como recurso complementar.

Como instrumento de coleta de dados foi utilizado um plano de entrevistas com perguntas abertas (Polit e Hungler, 1995), previamente elaboradas em sintonia com os objetivos deste trabalho. Em momentos oportunos, procurou-se intervir com observações, essas do tipo abertas com técnica não estruturada, ou seja, com o conhecimento dos participantes. O pesquisador buscou sempre assumir uma postura de observador participante e um posicionamento múltiplo (Patton, 1986) em relação ao fenômeno observado.

Por questões de tempo, fidelidade e reprodutibilidade dos dados e para evitar a perda de informações, foi imprescindível que o principal meio de registro dos dados fosse a gravação das entrevistas em fita magnética, com transcrição posterior. Paralelamente, eram efetuadas anotações complementares que se consideraram úteis à administração e controle da entrevista, as quais também eram feitas após o término da entrevista, sempre que surgia alguma informação relevante sobre o tema em estudo. Tais registros, já na forma de detalhamento (Patton, 1986), eram retomados imediatamente após a saída do local de pesquisa, ou seja, da empresa.

4.5 Os procedimentos para as entrevistas

De acordo com o plano de amostragem de empresas, foram feitas treze entrevistas em onze empresas, conforme será descrito posteriormente. Considerando que o tema em estudo é exclusivamente sobre SFPs, que o tempo é limitado e que a comparação de respostas para a mesma pergunta é importante para efeito de validação da pesquisa, adotou-se a forma de entrevista estruturada ou aberta-padronizada (Patton, 1986) como a mais apropriada para esta pesquisa. Com base nisso, foi elaborado o questionário de entrevistas, composto de 21 perguntas distribuídas em sete módulos, cada qual representando um assunto de abordagem de ciclo de vida dos DFPs usados nas empresas. Dessa forma, foram consideradas desde as questões de projeto conceitual ou de planejamento dos DFPs até aquelas referentes à efetivação do seu descarte. Assim, ficaram constituídos os seguintes módulos de perguntas:

- Módulo 1: Seleção e montagem (projeto conceitual);
- Módulo 2: Padronização de DFPs e de componentes de fixação;
- Módulo 3: Classificação e codificação de DFPs e de componentes de fixação;
- Módulo 4: Documentação e base de dados;

- Módulo 5: Controle logístico;
- Módulo 6: Organização e racionalização fabril dos SFPs;
- Módulo 7: Geral.

No que se refere aos tipos de perguntas, predominaram as referentes a procedimentos, experiência e comportamento, ainda que outras, envolvendo opiniões, valores e conhecimento, também fossem formuladas. No Anexo A, encontra-se a lista detalhada de perguntas elaboradas para as entrevistas feitas em todas as empresas visitadas.

Antes de cada sessão de entrevista, o informante era esclarecido quanto aos objetivos da pesquisa, o conteúdo das perguntas, metodologia da entrevista ou outras dúvidas pertinentes por ele formuladas.

4.6 O tratamento das questões de validade e confiabilidade

Para a verificação da validade da pesquisa, sempre que possível³, foi adotado o método de triangulação de fontes de dados (Patton, 1986). Assim, a consistência das informações foi verificada através da coleta de dados efetivada nas diferentes empresas, uma vez que nelas foi usado o mesmo método de pesquisa. Além disso, a validação foi feita por meio de comparação das informações narradas nas entrevistas com as respectivas observações realizadas em cada empresa.

Quanto à confiabilidade da pesquisa, foi adotado o teste de estabilidade (Selltiz et alii, 1976 apud Morse, 1991). Na inviabilidade deste, por impossibilidade de gravação da entrevista ou por outra razão, o teste de consistência (Selltiz et alii apud Morse, 1991) foi usado como alternativa.

4.7 Os procedimentos na análise dos dados

A rigor, o trabalho de análise deve ocorrer em dois momentos distintos do processo de pesquisa, ou seja, durante a coleta dos dados e após o seu término. Entretanto, é senso comum que se opte geralmente pelo segundo.

³ Esta condicional se refere ao caso de diferentes indústrias usarem procedimentos semelhantes.

Embora não exista uma metodologia sistematizada de análise em pesquisa qualitativa, algumas etapas e procedimentos inerentes a métodos alternativos foram seguidos neste trabalho. Inicialmente, reuniram-se e revisaram-se os dados coletados, procedimento que envolveu uma triagem das informações, destacando-se as mais relevantes. No caso de necessidade de esclarecimento de dúvidas ou de incoerências remanescentes nos dados coletados, foi solicitada a colaboração dos informantes para as elucidações pertinentes. A seguir, efetuou-se a categorização dos dados pelo princípio da exaustão (Minayo et alii, 1996), adotando-se os critérios de homogeneidade interna e de heterogeneidade externa, respectivamente, para a formação e para a diferenciação das categorias, as quais, após, foram priorizadas e tabuladas.

A última etapa a ser efetivada na análise foi a interpretação dos dados categorizados, quando o pesquisador concentrou esforços e dedicou-se ao tratamento das informações disponíveis para delas extrair conclusões e considerações relevantes em relação aos objetivos da pesquisa. Como a análise não é um processo de conduta rígido, o pesquisador adotou, de acordo com sua conveniência e intuição, procedimentos combinados extraídos dos diferentes métodos alternativos de análise (Minayo et alii, 1996 e Patton, 1986), ou seja, a partir dos métodos de análise de conteúdo, de caso, indutiva e lógica. Por fim, elaborou-se o relatório final, do qual foram extraídas as informações que serão apresentadas a seguir.

4.8 Caracterização das empresas e dos informantes

Esta caracterização é feita no sentido de situar os SFPs das diferentes empresas dentro do campo da pesquisa, preservando o seu anonimato. Para isso, restringe-se a descrição das informações técnicas referentes às empresas, o que, contudo, não prejudica o objetivo da pesquisa, que pretendeu subsidiar o desenvolvimento de um modelo de gerenciamento através de um levantamento de informações técnicas e administrativas dos SFPs.

Tendo por base os critérios de amostragem mencionados na seção 4.2 e as condições de efetivação da pesquisa de campo, esta foi realizada com a participação de 11 empresas do setor metal-mecânico situadas nas regiões Sul e Sudeste do Brasil e distribuídas da seguinte maneira: quatro empresas localizadas no estado de São Paulo;

duas, no Paraná; quatro, em Santa Catarina e uma, no Rio Grande do Sul. Os tipos característicos desse conjunto de empresas estão representados pelas informações contidas na Tabela 1. A amostra efetivamente consolidada na pesquisa de campo constituiu-se de 18 profissionais das 11 empresas. Duas empresas foram representadas por dois funcionários: um engenheiro e um técnico de vendas de uma e dois técnicos mecânicos da outra. De uma terceira empresa, houve a participação de três pessoas: um técnico mecânico e dois engenheiros. Uma quarta empresa contribuiu com um grupo de quatro pessoas, constituído por um gerente industrial, um engenheiro de processos, um técnico projetista e um técnico de processos. As outras sete tiveram um representante cada, distribuídos entre cinco engenheiros, um técnico mecânico e um projetista.

Quanto ao porte das empresas participantes da pesquisa, adotou-se como referência o número aproximado de funcionários relatado pelos entrevistados e cuja distribuição apresenta o seguinte comportamento: três delas têm menos de cem funcionários, sendo classificadas como de pequeno porte; cinco empregam entre cem e trezentas pessoas, sendo consideradas de médio porte; outras três empresas têm mais de trezentos funcionários, caracterizando-se como de grande porte, com destaque para uma delas, que mantém quatro mil empregados.

Quanto ao sistema de produção adotado pelas organizações visitadas, verificou-se a variedade de tipos, como estava previsto, configurando-se um panorama da condição industrial brasileira nesse aspecto. Tomando-se por base o *lay-out* do setor de produção, o conjunto de empresas participantes da pesquisa contempla os seguintes tipos: Célula de manufatura, *lay-out* funcional, linha de produção e FMS. Com base na pesquisa de campo, constatou-se que seis empresas adotam exclusivamente o *lay-out* funcional; uma usa somente células de manufatura; outra, apenas FMS; outra utiliza tanto produção em linha quanto *lay-out* funcional, assim como outra combina células de manufatura com *lay-out* funcional. Como uma das empresas caracteriza-se por ser apenas um escritório de projetos, logicamente não dispõe de sistema de produção. Aquelas que adotam somente o *lay-out* funcional fabricam um número muito limitado de produtos próprios ou são ferramentarias prestadoras de serviços de usinagem. A empresa que usa somente células de manufatura fabrica basicamente dois tipos de produtos em um segmento bem específico de mercado; a que adota apenas FMS tem sua produção direcionada ao setor de autopeças, assim como aquela que utiliza tanto produção em linha quanto o *lay-out*

funcional; finalmente, a empresa que combina células de manufatura com *lay-out* funcional atua no setor de implementos agrícolas. Além disso, as informações coletadas resultaram em dez declarações sobre os lotes programados para a produção, tendo sido relatado que quatro empresas produziam em pequenos lotes e três trabalhavam com grandes lotes; quanto às outras três, foi declarado apenas que a produção era feita em lotes de peças, sem ter sido feita nenhuma referência ao tamanho desses. Ainda, seis declarações indicaram que a produção é realizada a partir de pedidos em carteira.

No que se refere aos produtos fabricados, o conjunto de empresas visitadas atende ao mercado com os seguintes tipos:

- sistemas de acionamento hidráulico;
- componentes de SSFPs Modulares e morsas hidráulicas para fixação de peças;
- máquinas de rotular garrafas, lavadoras de garrafas e máquinas pasteurizadoras;
- máquinas para confecção de embalagens;
- peças automobilísticas;
- válvulas direcionais submersas para extração de petróleo em alto-mar;
- usinas de celulose ;
- máquinas e implementos agrícolas;
- DFPs Dedicados, ferramentas de corte e de repuxo, moldes de injeção de plástico;
- projeto de DFPs, máquinas e de ferramentas.

As peças usinadas nas empresas visitadas, seja para a montagem de produtos próprios, seja para o fornecimento às montadoras e aos consumidores finais, apresentavam significativa variação geométrica, classificando-se como prismáticas, rotacionais, trefiladas e fundidas, além de haver peças de diferentes tamanhos e diferentes graus de complexidade.

Quanto ao tipo de SSFP, verificou-se que as empresas que compuseram a amostra da pesquisa de campo utilizavam, predominantemente, os SSFPs Dedicados, o que foi constatado em oito das 11 pesquisadas. Por outro lado, constatou-se a aplicação de SSFPs Modulares em três empresas, que também utilizam SSFPs dos tipos Dedicado e/ou de Uso-Geral.

A Tabela 1 sintetiza a caracterização das empresas participantes do levantamento de informações para subsidiar o desenvolvimento do modelo de gerenciamento de SFPs.

Tabela 1 - Síntese das principais características das empresas visitadas.

Empresa	Nº de funcionários	Sistema de produção	Tipo de produto	Tamanho dos lotes de peças	Concepção das peças	Tipo de DFP ou de SSFP
1	110	Células de manufatura	Válvulas hidráulicas e bombas hidráulicas	Grandes lotes nos centros de usinagem e pequenos lotes nos tornos	Peças prismáticas e rotacionais: carcaças, cilindros, pistões, flanges	Dedicado
2	20	<i>Lay-out</i> funcional	Componentes modulares de SSFPs e morsas hidráulicas	Pequenos lotes	Peças de baixa complexidade: grampos, calços, réguas, pinos, parafusos, guias	Dedicado, Modular, Uso-Geral
3	500	<i>Lay-out</i> funcional	Máquinas de rotular garrafas, máquinas lavadoras de garrafas e máquinas pasteurizadoras	Pequenos lote e lotes unitários	Peças rotativas e peças planas Peças de plástico: roldanas, arcos de guia Peças de inox: engrenagens, barras, chapas	Dedicado, Modular, Uso-Geral
4	100	<i>Lay-out</i> funcional	Máquinas para confecção de embalagens	Pequenos lotes	Peças fundidas Peças trefiladas redondas e quadradas	Modular e Uso-Geral
5	4000	Linhas de Produção e <i>Lay-out</i> funcional	Peças automobilísticas	Lotes muito grandes (3000 a 4000 peças)	Virabrequins, bielas, mangas de eixo, engrenagens	Dedicado

Fonte: Primária.

Tabela 1 - Síntese das principais características das empresas visitadas (conclusão).

Empresa	Nº de funcionários	Sistema de produção	Tipo de produto	Tamanho dos lotes de peças	Concepção das peças	Tipo de DFP ou de SSFP
6	300	<i>Lay-out</i> funcional	Válvulas direcionais submersas para extração de petróleo em alto mar; Usinas de celulose	Pequenos lotes	Peças de grande porte Peças em geral para plantas de celulose	Dedicado
7	300	FMS	Peças automotivas	Grandes lotes (200 a 600 peças/dia)	Peças de complexidade média a alta Peças para automóveis, tratores e colheitadeiras	Dedicado
8	500	Células de manufatura e <i>Lay-out</i> funcional	Máquinas e implementos agrícolas	(sem indicação de tamanho)	Peças perfiladas e chapas de aço, peças fundidas	Dedicado
9	50	<i>Lay-out</i> funcional	Ferramentas de corte e repuxo, moldes de injeção de plástico, DFPs Dedicados	Produção por encomenda	Peças de aço em geral	Dedicado
10	10	(não se aplica)	Projetos de DFPs, de máquinas e de ferramentas	Produção por encomenda	(não especificado)	(não se aplica)
11	150	<i>Lay-out</i> funcional	Ferramentas de corte e repuxo, moldes de injeção de plástico, DFPs Dedicados	Produção por encomenda	Peças de aço em geral	Dedicado

Fonte: Primária.

4.9 Categorização das informações

A aplicação do questionário nas 11 empresas visitadas resultou em mais de 15 horas de gravação em fita cassete, de cujas transcrição e análise prévia foram destacados os aspectos mais significativos observados nas respostas dos entrevistados na forma de declarações literais, totalizando 1509 itens. Sobre esse total de declarações literais foi feito um trabalho de análise e de inferência, eliminando-se as redundâncias de mesma fonte de informação, o que resultou em 1102 declarações significativas.

Como o volume e a diversidade de informações fornecidas foram grandes, tornou-se imprescindível categorizar as declarações para facilitar a sua análise posterior. A categorização das declarações significativas foi feita na forma de tabelas relativas aos seguintes temas: projeto, administração, caracterização das empresas e opinião. Cada tema foi dividido em categorias prévias, com base na divisão dos módulos e das perguntas do questionário de entrevistas apresentado no Anexo A. Cada categoria prévia, por sua vez, foi dividida em subcategorias, que podiam atingir até três níveis hierárquicos de desdobramento.

O agrupamento das 1102 declarações significativas para fins de categorização resultou na formação de 77 subcategorias de primeiro nível, 196 de segundo nível e 207 de terceiro nível. Obteve-se, assim, para cada categoria prévia uma série de subcategorias que servem de base para a análise e diagnóstico posterior da situação das empresas quanto ao gerenciamento de SFPs. É sobre o resultado dessa categorização (Consalter & Boehs, 1999) que se fundamenta a análise que se segue.

4.10 Análise da situação do gerenciamento de SFPs nas empresas

Conforme já visto na seção 4.4, o procedimento adotado para coleta dos dados das entrevistas foi o método do auto-relato com técnica estruturada. Isso significa que as perguntas feitas versavam sobre temas previamente definidos, de forma que as respectivas respostas geraram abordagens livres dentro de cada tema. Trabalhando com categorias, como é o caso deste estudo, podem-se associar os temas previamente

definidos com categorias induzidas e as abordagens livres, com categorias espontâneas. Dessa forma, foi possível fazer a distribuição de freqüências das declarações por categoria espontânea e, conseqüentemente, por categoria induzida, para, após, analisar os aspectos considerados mais relevantes pelos representantes das empresas durante as entrevistas. As freqüências das declarações por categoria estão mostradas nas Tabelas 2 a 25, dispostas ao longo desta seção, cada uma delas representando uma categoria induzida. As categorias induzidas são originárias do questionário aplicado nas entrevistas, assim como as respectivas categorias espontâneas resultam das respostas dadas pelos representantes das empresas.

As freqüências das declarações por categoria contidas nas Tabelas 2 a 25 representam, por si só, um ténue indicativo dos aspectos que são considerados importantes, ou irrelevantes ou, mesmo, desconhecidos nas indústrias. No entanto, a associação dessas freqüências com as respectivas declarações, categorias e subcategorias extraídas da pesquisa qualitativa (Consalter & Boehs, 1999) fundamenta solidamente um trabalho detalhado de análise da situação do gerenciamento de SFPs nas empresas, visando obter subsídios para o desenvolvimento de um modelo de gerenciamento sistematizado. Com essa diretriz, a análise que se segue está estruturada de maneira que cada um dos temas previamente definidos seja analisado separadamente com base nas respectivas declarações espontâneas dos entrevistados, já devidamente categorizadas. Com essa forma de análise, procurou-se detectar os pontos mais enfatizados nas empresas, entendendo-se que esses representam as diretrizes para um trabalho consistente de desenvolvimento de metodologias sistematizadas, conforme este trabalho se propõe. Para cada tema, apresentam-se em seqüência a análise das informações coletadas e sua respectiva interpretação ou conclusão.

4.10.1 Planejamento de DFPs

A Tabela 2 apresenta as distribuições de freqüências das declarações feitas pelos entrevistados sobre planejamento de DFPs.

Tabela 2 - Frequências de declarações sobre planejamento de DFPs.

Categoria induzida	Categoria espontânea	Frequências de declarações	
Planejamento/ Seleção	Finalidade	1	1%
	Importância	4	5%
	Sistematização de procedimentos	4	5%
	Critérios de aplicação	7	8%
	Informações técnicas	19	21%
	Desenvolvimento interno	13	14%
	Terceirização	8	9%
	Virtudes da situação atual	10	11%
	Deficiências da situação atual	14	16%
	Sugestões	9	10%
Total		90	100%

Fonte: Primária.

A análise das informações coletadas nas empresas e sintetizadas na Tabela 2 permite constatar, inicialmente, que apenas uma declaração relata a **finalidade** com que a empresa faz planejamento de DFPs, sendo esse o primeiro indício de que não existe uma sistemática gerencial nesse setor. Esta única declaração sobre a **finalidade** do planejamento refere-se à redução do tempo de *set-up*, que parece ser um aspecto relevante do planejamento de DFPs, uma vez que foi declarado de importância prioritária em relação ao custo de DFPs na produção. No entanto, o fator custo associado ao planejamento de DFPs foi declarado importante quando associado à competitividade. Das 90 declarações sobre planejamento, apenas quatro referem-se à importância dessa atividade nos SFPs, representando, portanto, uma participação de apenas 5% aproximadamente. Esse mesmo índice representa a frequência com que a **sistematização de procedimentos** para o planejamento de DFPs foi abordada. Além desse baixo índice, as declarações são indicadoras do descaso das empresas para com o assunto, uma vez que se caracterizam por aspectos negativos, como a falta de sistemática de planejamento dos DFPs, a não-consideração de sua relevância e a conformação com o procedimento já adotado.

As declarações relativas aos **critérios de aplicação** do planejamento representam 8% das citações espontâneas no tema em questão. Uma análise detalhada desse conjunto de declarações permite constatar que a maioria delas, ou seja 57%, referem-se simplesmente ao fato de que o planejamento é efetivado somente quando se torna necessário produzir uma nova peça. Apenas uma empresa mencionou critérios

importantes de planejamento, como a relação custo/benefício e a previsão de consumo; além disso, somente duas declarações mencionaram o tamanho e a frequência de lotes, ou o tempo de montagem, como critérios para selecionar o DFP.

Informações técnicas foi o assunto abordado com maior frequência no item planejamento de DFPs, com 21% das declarações sobre o tema, as quais referenciam a forma de identificação dos DFPs, as fontes de dados e as alterações neles realizadas. No que se refere às **Informações técnicas** sobre a forma de identificação do DFP a ser usado no processo de fabricação, verifica-se que tal identificação encontra-se inserida na folha de processo ou é feita pelo pessoal de fábrica, do que se infere que o setor de processos atua prioritariamente no planejamento dos DFPs; já o setor de projetos não está envolvido na tarefa. Quanto às declarações sobre a fonte das informações para o planejamento e projeto de DFPs, 36% delas referenciam exclusivamente a peça; 27% associam somente o processo; 18% indicam a fábrica em geral; 9,5% dizem respeito à máquina e outros 9,5% referem-se a outros DFPs já usados. Ainda quanto às **informações técnicas**, porém mais especificamente no que se refere às alterações nos DFPs, verifica-se que essas são tratadas de maneiras distintas nas empresas: em algumas, através da utilização de documentos; em outras, por comunicação verbal entre setores, ou, até, em algumas, havendo completa omissão no repasse das informações.

Constatou-se que o planejamento de DFPs é **desenvolvido internamente** em 80% das empresas usuárias visitadas e que em apenas duas delas o desenvolvimento desses é integralmente terceirizado. No caso de **desenvolvimento interno**, observou-se que, das 13 declarações sobre o assunto, oito referem-se ao pessoal de processos ou aos seus setores como sendo os responsáveis pelo planejamento dos DFPs, ou seja, uma convergência de 72%; apenas uma declaração referencia o projetista e outra, a engenharia como responsáveis pela área de SFPs. Além disso, numa declaração mencionou-se que qualquer pessoa pode planejar e executar o DFP.

Quanto à **terceirização**, registra-se que as declarações dos entrevistados restringiram-se ao procedimento de condução do projeto dos DFPs, ficando evidenciado o freqüente envolvimento dos processistas da empresa solicitante do serviço tanto no fornecimento de informações quanto na análise do projeto. A terceirização é tida como uma **virtude** por aquelas empresas que a adotam, justificada pelos aspectos de captação de experiências, rapidez e desburocratização. Já as empresas que desenvolvem os DFPs

internamente ressaltam a participação e o relacionamento das pessoas, além da proximidade física de setores, como **virtudes** no planejamento desses. Por outro lado, foram mencionadas **deficiências** pessoais, administrativas e técnicas do planejamento de DFPs, com frequências equilibradas entre os três aspectos, as quais, somadas, representam 15,5% das declarações sobre o tema. No que se refere às deficiências pessoais, verifica-se a existência de problemas fundamentais de formação e de qualificação, como a falta de educação para o planejamento, a falta de capacidade para interpretação de informações técnicas e a falta de comprometimento das pessoas com as tarefas de planejamento de DFPs. Outras deficiências pessoais declaradas referem-se à sobrecarga de trabalho e à falta de recursos humanos. Quanto às deficiências administrativas, essas estão relacionadas à falta de uma estrutura de planejamento e de gerenciamento nos SFPs, à restrição de verbas para esses sistemas e aos atrasos que a terceirização pode causar na produção quando há necessidade de solucionar problemas com DFPs em uso. Nas deficiências técnicas, referenciam-se a demora no planejamento de DFPs, os curtos prazos concedidos para o projeto e para a construção dos mesmos, a inadequação da metodologia de planejamento utilizada e a própria dificuldade técnica no acerto funcional dos DFPs.

Entre as **sugestões** de melhoria do planejamento de DFPs elencaram-se a necessidade de participação das pessoas dos diferentes setores envolvidos, de orientação pelos processistas nas atividades de planejamento e a presença de uma pessoa dedicada à área de SFPs da empresa, que possa interagir com os setores competentes. Foi sugerido também que o planejamento dos DFPs seja feito com certa antecedência em relação ao momento do uso. Outras sugestões referem-se ao aumento do tempo de análise dos projetos terceirizados e ao seu constante acompanhamento pelos profissionais da empresa junto aos escritórios de projetos.

O **auxílio do computador no planejamento de DFPs** foi um tema induzido nas entrevistas que resultou em 24 declarações, distribuídas conforme está mostrado na Tabela 3, as quais tiveram como principais enfoques a **descrença** nessa forma de auxílio, o uso de **banco de dados** e o **interfaceamento com o usuário**.

O auxílio do computador no planejamento de DFPs foi tratado com **descrença** em 21% das declarações sobre o tema, as quais traduzem o completo desconhecimento dos desenvolvimentos na área e das suas potencialidades.

Tabela 3 - Frequências de declarações sobre auxílio do computador no planejamento.

Categoria induzida	Categoria espontânea	Frequências de declarações	
Auxílio do computador no planejamento/ seleção	Características sugeridas para os programas	3	13%
	Interface com o usuário	6	25%
	Banco de dados	6	25%
	Irrelevância/descrença	5	21%
	Vantagens	2	8%
	Desvantagens	2	8%
Total		24	100%

Fonte: Primária.

As opiniões sobre o auxílio computacional utilizando **banco de dados** tiveram uma participação de 25% no conjunto de declarações sobre o tema. Tais opiniões, na forma como foram expressas, apresentam-se favoráveis ao uso de bibliotecas gráficas ou catálogos eletrônicos de componentes de fixação, ou mesmo de bancos de dados genéricos, como recursos de auxílio ao planejamento de DFPs. Entretanto, em nenhuma empresa visitada constatou-se a utilização desses recursos, o que é compreensível uma vez que os catálogos eletrônicos comercialmente disponíveis são bibliotecas específicas de componentes de SSFPs Modulares. Além disso, as empresas, quando usam o recurso, o fazem apenas parcialmente.

O auxílio do computador atuando como **interface com o usuário** no planejamento de DFPs foi recomendado em 25% das declarações sobre o tema. Extrai-se das declarações fornecidas que, na opinião dos entrevistados, o interfaceamento deveria possibilitar o fornecimento de informações para toda a empresa ou, mais especificamente, para os projetistas de DFPs, para os construtores e para os processistas, bem como possibilitar a entrada de sugestões via terminal de rede.

As **características necessárias aos softwares** de auxílio ao planejamento de DFPs foram expressas em apenas três oportunidades e sugerem a facilidade de uso e a viabilidade de sua adequação às características das empresas.

Observou-se que foram poucas as declarações sobre as **vantagens** e **desvantagens** do computador no auxílio ao planejamento de DFPs, mais precisamente, apenas duas para cada uma das categorias. No entanto, colheu-se a concepção de que o computador proporciona a vantagem de promover a agilidade e a redução de espaço físico no setor de projetos; como desvantagem, foi citada a exigência de maior tempo e

conhecimento para introdução dos dados e o fato de gerar dependência no sistema funcional da empresa.

A análise feita permite, portanto, constatar que o planejamento de DFPs não tem sido uma prática usual nas empresas. Ao contrário, os procedimentos adotados no desenvolvimento de DFPs têm se mostrado intuitivos, dispersos e sem diretrizes.

A falta de sistematização dos procedimentos envolvidos na fase de projeto conceitual de DFPs evidencia-se como sendo a causa fundamental de planejamentos deficitários ou, mesmo, da sua ausência nas empresas. Os principais fatores que caracterizam essa situação são: falta de critérios no planejamento de DFPs, diversificação e omissão no tratamento das informações técnicas dos SSFPs, responsabilidade pelo SFP da empresa concentrada no setor de processos, subjetividade do comportamento humano, deficiências administrativas internas e o próprio descaso com o planejamento de DFPs.

Ficou constatado que o auxílio do computador no planejamento de DFPs é um recurso aprovado pela maioria das empresas, sobretudo com utilização de bancos de dados e de terminais remotos distribuídos na organização. Além disso, são válidas e devem ser consideradas as sugestões de simplicidade e de customização para os *softwares* destinados ao planejamento.

Em suma, as atividades de planejamento de DFPs nas empresas apresentam uma série de deficiências que poderiam ser superadas pela implementação de procedimentos sistematizados, devidamente documentados e passíveis de informatização.

4.10.2 Construção de DFPs

A **documentação** foi o assunto mais enfatizado pelos entrevistados quando o tema em questão foi a construção de DFPs, representando 40% das declarações, conforme pode ser visto na Tabela 4 .

Dois tipos de documentação evidenciaram-se: a documentação para encaminhamento do pedido de construção e a documentação para execução dos serviços. No primeiro caso, os documentos referenciados consistem em projetos prontos que são analisados pelos construtores, resultando na emissão de orçamentos. É um tipo de documentação mais freqüente quando a construção dos DFPs é terceirizada. Por sua vez, a documentação para execução dos DFPs é usual quando a construção é feita

internamente na empresa. Esses documentos, conforme se pôde deduzir das declarações dos entrevistados, contêm, basicamente, procedimentos de fabricação, dados técnicos e desenhos, ficando arquivados.

Tabela 4 - Frequências de declarações sobre construção de DFP.

Categoria induzida	Categoria espontânea	Frequências de declarações	
Construção de DFPs	Documentação	10	40%
	Identificação dos DFPs	4	16%
	Acompanhamento	8	32%
	Seqüência de fabricação	3	12%
Total		25	100%

Fonte: Primária.

O **acompanhamento** da construção foi outro assunto com significativa abordagem, aparecendo em 32% das declarações sobre o tema. A exemplo da documentação, o acompanhamento da construção de DFPs ocorre de duas maneiras: pelo acompanhamento dos serviços e pelo acompanhamento dos testes. Nos dois casos, os declarantes indicaram que o acompanhamento da construção é uma atividade típica da condição de terceirização. Também, referiram que diferentes setores da empresa participam do acompanhamento dos serviços junto aos fornecedores, o que, em princípio, caracteriza uma deficiência nos procedimentos administrativos na área de SFPs. Quanto ao acompanhamento dos testes, atribuiu-se a responsabilidade de sua efetivação ao analista de processos; porém, as declarações são ambíguas quanto à forma e ao local dos testes.

No que se refere à **identificação dos DFPs** na fase de construção, observa-se que esta é abordada somente no âmbito da terceirização e que não existe um procedimento sistemático para tal.

A **seqüência das operações de fabricação** foi um assunto abordado no sentido de simplificar a construção dos DFPs. Foi indicado que a construção dos componentes de fixação deveria se dar conforme a necessidade de montagem e que a usinagem deveria ser feita em etapas que facilitassem o fluxo de trabalho.

O computador, na opinião dos entrevistados que se manifestaram sobre o assunto, auxilia na construção de DFPs, atuando basicamente sobre a **administração da produção**, conforme consta na Tabela 5.

Tabela 5 - Frequências de declarações sobre o auxílio do computador na construção.

Categoria induzida	Categoria espontânea	Frequências de declarações	
Auxílio do computador na construção	Na elaboração de orçamentos	1	17%
	Na administração da produção	5	83%
Total		6	100%

Fonte: Primária.

O auxílio do computador está representado nas declarações pela facilidade na verificação da produtividade, controle confiável das horas de serviço, cadastramento de produtos consumíveis, atualização dos meios de fabricação, disponibilização de informações de processo e pela precisão dos orçamentos.

A construção de DFPs é uma atividade executada por setores específicos, sejam eles internos sejam externos à empresa, segundo orientações predeterminadas e documentadas. Assim, deduz-se que a qualidade da documentação influi na eficiência da construção dos DFPs. Torna-se, então, evidente a importância de que haja uma forma sistematizada de documentação e de comunicação entre setores construtivos e usuários de DFPs, para que possam ser asseguradas a agilização e a confiabilidade dos serviços, a preservação do conhecimento na empresa, entre outros requisitos técnicos e administrativos. A construção de DFPs apresenta-se como uma atividade que requer acompanhamento sistematizado dos serviços e dos testes, os quais são de responsabilidade dos setores competentes de cada empresa.

Destacam-se algumas formas de otimizar a construção de DFPs, pela atuação diretamente nos meios produtivos ou na administração desses. No primeiro caso, sugerem-se a elaboração e documentação de procedimentos orientadores à fabricação e, no segundo, o uso de computadores como elementos facilitadores do processo.

4.10.3 Montagem de DFPs

As declarações feitas sobre a **documentação** da montagem e sobre os recursos usados para disponibilizar as informações de **orientação** para executá-la representam,

conjuntamente, 18% das intervenções sobre o tema, conforme pode ser constatado na Tabela 6.

Tabela 6 - Frequências de declarações sobre montagem de DFP.

Categoria induzida	Categoria espontânea	Frequências de declarações	
Montagem	Documentação	4	9%
	Programação	5	10%
	Execução	7	15%
	Racionalização	17	36%
	Orientação	9	19%
	Aspectos positivos	1	2%
	Aspectos negativos	4	9%
Total		47	100%

Fonte: Primária.

Constatou-se que são usados, basicamente, três métodos de documentação e registro: fotografias, folhas de processo e especificações técnicas em desenhos. O primeiro método é aplicado a SSFPs Modulares e o último, a SSFPs Dedicados; já as instruções de montagem dos respectivos DFPs em documentos de processo podem ser aplicadas a esses dois SSFPs. Outro aspecto associado à documentação e orientação da montagem de DFPs são os locais de origem e de destino das respectivas instruções. Neste caso, verifica-se que as orientações partem prioritariamente dos processistas e que não são dirigidas a um único setor; ao contrário, são dirigidas tanto ao operador da máquina quanto ao preparador geral da produção ou, mesmo, ao setor de projetos.

As declarações sobre a **programação** da montagem de DFPs tiveram uma participação de 10% no tema, das quais se pôde inferir que o procedimento é feito segundo prioridades semanais, ou que a tendência é manter os DFPs montados na máquina.

A **execução** da montagem foi um assunto abordado em sete falas, representando 15% das declarações espontâneas sobre o tema. Foi possível constatar nesta pesquisa que a tarefa de montagem dos DFPs é executada, predominantemente, pelo operador da máquina, conforme ficou indicado em três declarações espontâneas entre as quatro feitas sobre a responsabilidade pela execução da tarefa; uma quarta declaração nomeia o preparador geral da fábrica. Quanto ao local de montagem dos DFPs, verifica-se que as empresas adotam dois procedimentos: a montagem na própria máquina e a montagem ao

lado do armário de DFPs, ou de componentes de fixação que ficam próximos a ela. Este último caso é aplicado para a montagem de DFPs Modulares; por dedução, o procedimento anterior aplica-se para os DFPs Dedicados. Não foi mencionada a montagem em almoxarifado de SSFPs.

No que se refere aos **aspectos positivos e negativos** da montagem de DFPs, na forma como essa vem sendo conduzida dentro das empresas visitadas, verifica-se que o único aspecto positivo mencionado foi a participação do operador. Por sua vez, as deficiências declaradas referem-se à falta de preservação da experiência adquirida nas montagens, à irregularidade das peças e à falta de ferramentaria interna. A primeira dessas dificuldades seria causada pela rotatividade de funcionários e pela deficiência na transmissão do conhecimento; a segunda denuncia a dificuldade de referenciamento das peças fundidas e a terceira é reclamada pela necessidade de correções nos DFPs.

A **racionalização** da montagem foi o assunto mais considerado dentro desse tema, com 36% das declarações. Os métodos de racionalização mais citados dizem respeito ao aproveitamento de componentes, considerando questões de modularidade e padronização. Outros métodos citados estão associados à prevenção de erros através de técnicas apropriadas e de testes, fixação simultânea de peças em conjunto, execução da montagem próximo às máquinas e programação das montagens.

Das 15 declarações sobre o auxílio do computador na montagem de DFPs, 40% mencionam **programas computacionais específicos**, sendo que ao **banco de dados** correspondem 26% das intervenções espontâneas dos entrevistados, como pode ser visto na Tabela 7.

Tabela 7 - Freqüências de declarações sobre o auxílio do computador na montagem.

Categoria induzida	Categoria espontânea	Frequências de declarações	
Auxílio do computador na montagem	Requisito	1	7%
	Programas específicos	6	40%
	Banco de dados	4	26%
	Adequação	2	13%
	Limitação do computador	1	7%
	Inexistência	1	7%
Total		15	100%

Fonte: Primária.

Citações relativas a **requisito, adequação, limitação** na reprodução do conhecimento ou **inexistência** do computador na montagem foram mencionadas, quando muito, duas vezes. Aos programas computacionais de auxílio à montagem foram atribuídas diferentes finalidades, sempre na forma de sugestões isoladas, como a execução de cálculo dimensional, controle de estoque, análise de similaridade, animação 3D e montagem propriamente dita. Quanto ao **banco de dados**, os entrevistados fazem associação com bibliotecas de componentes de fixação como forma de auxílio à montagem de DFPs.

A análise dos dados obtidos sugere a aplicação de uma forma unificada de documentação para a montagem de DFPs, independentemente do seu tipo, o que implicaria a organização de procedimentos e de arquivos gráficos preferencialmente informatizados. Nesse sentido, entende-se que os bancos de dados e os sistemas especialistas teriam muito a contribuir. Mesmo sem utilizar o computador, as documentações de orientação e de recuperação das montagens poderiam ser padronizadas através de um conjunto de roteiros, fichas de *lay-out* de montagem e fotografias. Um aspecto importante para a documentação da montagem é a opção pela modularidade e padronização dos componentes de fixação.

Ao contrário do que seria de se esperar, as **orientações** para montagem de DFPs partem dos processistas da empresa, e não dos projetistas. Além disso, constata-se que tais orientações não têm um destino comum, embora a montagem seja predominantemente executada pelos próprios operadores de máquinas. Essa situação leva a crer que a montagem tem sido tratada de forma casuística, sem haver qualquer sistematização de procedimentos.

Tanto pelos **aspectos positivos** quanto pelos **aspectos negativos** apontados sobre a montagem de DFPs, deduz-se que os responsáveis pela mesma encontram dificuldades na sua execução, causadas pela falta de uma metodologia sistematizada que os oriente e de um planejamento apropriado na fase de projeto conceitual dos DFPs.

O fato de a **racionalização** da montagem ter sido tratada com predominância, por si só, é um indicativo da carência gerencial desse setor e que requer ações corretivas. Assim, e com base nos anseios dos entrevistados, entende-se que deveriam ser efetivadas duas ações: a implantação de uma sistemática de projeto voltada para a modularidade e padronização de componentes de fixação e a elaboração de um

procedimento para o planejamento da montagem de DFPs envolvendo as informações de projeto e da produção.

O auxílio do computador na montagem de DFPs através de bibliotecas gráficas aparenta ser uma unanimidade nas empresas, o que se justifica pelo fato de esse recurso já estar plenamente desenvolvido e comercialmente disponível. Quanto aos programas computacionais, as empresas visualizam diferentes maneiras de auxílio à montagem, porém limitam-se a fazer suposições. De fato, existem vários desenvolvimentos computacionais de auxílio à montagem de DFPs, entretanto a grande maioria desses ainda não está acessível para implantação na indústria. Apesar disso, deduz-se do que foi exposto que as empresas estão receptivas a esses desenvolvimentos.

4.10.4 Padronização de SSFPs

Os principais aspectos da padronização de SSFPs, isto é, de DFPs e de componentes de fixação espontaneamente abordados pelos entrevistados, foram o seu **nível de aplicação na empresa**, com 24% das declarações do tema, as **referências técnicas** para aplicar a padronização, com 26%, e as **dificuldades** envolvidas, com 19%. Além desses, outros aspectos mencionados, com menos de 10% das declarações do tema, foram os seguintes: **aplicação de componentes comerciais**, **carências** da padronização, sua **viabilidade** e suas **vantagens**. A Tabela 8 apresenta a distribuição dessas freqüências.

Tabela 8 - Freqüências de declarações sobre padronização de SSFPs.

Categoria induzida	Categoria espontânea	Freqüências de declarações	
Padronização de DFPs e de componentes de fixação	Nível de aplicação na empresa	10	24%
	Referências técnicas	11	26%
	Aplicação de componentes do mercado	2	5%
	Dificuldades	8	19%
	Carências	4	10%
	Viabilidade	4	10%
	Vantagens	3	7%
Total		42	100%

Fonte: Primária.

Quanto ao **nível de aplicação** da padronização, constata-se que apenas uma das 11 empresas visitadas considera ter um alto índice de padronização; as demais estão equilibradamente divididas entre as condições de padronização parcial e nenhuma padronização.

As **referências técnicas** adotadas nas empresas, para efeito de padronização de DFPs e de componentes de fixação, são a peça a ser fixada, a máquina, os DFPs existentes, ou a própria padronização do fornecedor de DFPs ou de SSFPs. Constatou-se nas entrevistas que a peça como referência para a padronização tem predominância absoluta sobre as demais, com 55% de representatividade.

As **dificuldades** enumeradas nas empresas foram no sentido de efetivação da padronização e das conseqüências de sua falta. No primeiro caso, os declarantes referem-se à variedade de peças a serem fixadas e à conseqüente diversidade de DFPs necessários, assim como ao uso de DFPs Dedicados. No segundo caso, as conseqüências são representadas pelas dificuldades de intercambiabilidade dos componentes e pelo aumento do inventário.

Dos demais aspectos mencionados sobre a padronização de DFPs, cabe destacar, em primeiro lugar, a indicação de que, na terceirização, é conveniente ter DFPs padronizados. Em segundo lugar, destaca-se que a **viabilidade** de padronização dos DFPs Dedicados necessita de análise, podendo não ser viável, a não ser que a empresa tenha seus produtos definidos. Verifica-se também a preocupação em aplicar componentes de fixação padronizados e disponíveis no mercado. Por fim, as vantagens da padronização referem-se ao tempo e espaço de estoque e à facilidade e economia de gerenciamento.

Quanto ao auxílio do computador na padronização de DFPs, verifica-se que, das 11 declarações sobre o assunto, sete pontuam o uso de **banco de dados**. As demais são opiniões isoladas, conforme se pode verificar na Tabela 9, das quais cabe destacar o uso do computador no desenvolvimento de DFPs para famílias de peças e o alerta de que o computador só auxiliará na padronização após esta estar efetivada.

Tabela 9 - Frequências de declarações sobre o auxílio do computador na padronização de SSFPs.

Categoria induzida	Categoria espontânea	Frequências de declarações	
	Requisito	1	9%
Auxílio do computador na padronização de SSFPs	Viabilidade	2	18%
	Banco de dados	7	64%
	Crucamento de dados	1	9%
Total		11	100%

Fonte: Primária.

Do exposto, é possível constatar que a padronização de DFPs e de componentes de fixação nas empresas, quando acontece, é apenas parcial. Deduz-se disso que essa condição de padronização parcial deve-se à utilização de SSFPs Modulares em complemento aos Dedicados, e não à aplicação de uma sistemática de padronização na empresa. Supõe-se que, na ausência dos SSFPs Modulares, atualmente, a padronização na área de SFP das empresas seja nula.

Entende-se que a padronização referenciada pela peça a ser fixada, cuja predominância foi constatada, aplica-se apenas a empresas com grandes linhas de produção, sendo, portanto, muito específica. Para uma padronização abrangente, considera-se necessário atuar em nível de componentes de fixação, aplicando o princípio da modularidade.

Por fim, o uso de banco de dados tem se mostrado o principal meio de auxílio do computador na padronização de DFPs e de componentes de fixação.

4.10.5 Modularidade de SSFPs

A modularidade de DFPs e de seus componentes foi tratada pelas empresas do ponto de vista dos SSFPs Modulares e dos DFPs modularizados ou transformados. Em ambos os casos, as declarações dos entrevistados foram enquadradas nas seguintes categorias: **aspectos da aceitação, aspectos da rejeição, quando usar e quando não usar**. Em termos de frequência por categoria, no tema modularidade, constata-se o índice de 17% tanto para a aceitação quanto para a rejeição de SSFPs Modulares. No entanto, para DFPs modularizados ou transformados, verifica-se que 23% das declarações

referem-se à sua aceitação e apenas 7% caracterizam-se pela rejeição. A Tabela 10 apresenta as categorias mencionadas e as respectivas freqüências obtidas.

Tabela 10 - Freqüências de declarações sobre modularidade de SSFPs.

Categoria induzida	Categoria espontânea	Freqüências de declarações	
Modularidade de SSFPs	Aspectos da aceitação de SSFPs Modulares	8	15%
	Opinião favorável aos SSFPs Modulares	1	2%
	Aspectos da rejeição de SSFPs Modulares	9	17%
	Quando usar SSFPs Modulares	7	13%
	Quando não usar SSFPs Modulares	9	17%
	Aspectos da aceitação de DFPs Transformados	12	23%
	Aspectos da rejeição de DFPs Transformados	4	7%
	Quando usar DFPs Transformados	2	4%
	Quando não usar DFPs Transformados	1	2%
Total		53	100%

Fonte: Primária.

A flexibilidade e a redução do *set-up* são os principais aspectos da **aceitação dos SSFP Modulares**, tomando por base o número de declarações; o conhecimento das vantagens desses e a **opinião favorável** complementam os aspectos de aceitação mencionados. Por outro lado, os aspectos da rejeição mencionados para os DFPs Modulares são a dificuldade de gerenciar componentes, a falta de conhecimento técnico, a resistência à mudança, a aplicação limitada e o custo inicial, com uma pequena ênfase para os três primeiros.

No que se refere a **quando usar os SSFPs Modulares**, as indicações apontam para as seguintes situações: quando existe variedade de peças e lotes pequenos, em ferramentarias e fábricas de peças especiais, na utilização em diversas máquinas e em situações que exigem rapidez de preparação. Já as indicações de **quando não usar SSFPs Modulares** recaem, fundamentalmente, sobre a produção em série e grandes lotes de peças.

Quanto à **aceitação dos DFPs modularizados ou transformados**, os principais aspectos são o compartilhamento de componentes e a redução de *set-up*, porém o princípio de funcionamento, a viabilidade da transformação e a redução de espaço também se incluem nesses aspectos favoráveis. Em relação aos aspectos mencionados sobre a rejeição dos DFPs modularizados, destacam-se a complexidade da

transformação, a resistência à sua efetivação na indústria e o desconhecimento desse procedimento. As indicações de uso dos DFPs modularizados são para situações de baixa rotatividade de peças e para fabricação de peças de grande porte, sendo contra-indicados em produção sob encomenda.

A idéia de modularidade ou de transformação de DFPs é aceita na maioria das empresas, o que não acontece com os SSFPs Modulares. Essa situação, associada ao equilíbrio entre aceitação e rejeição dos SSFPs Modulares, leva a deduzir que tanto os Modulares quanto os Dedicados têm os seus espaços próprios de aplicação, de forma que se conclui que estes últimos podem vir a ser modularizados nas empresas. No entanto, para isso, torna-se necessário dispor de uma metodologia sistematizada de modularidade cuja eficácia esteja comprovada.

4.10.6 Classificação de DFPs e de componentes de fixação

Quando a classificação de DFPs e de seus componentes foi tratada de forma genérica nas empresas, os **critérios de classificação** foram o assunto mais expresso, com 32% das declarações sobre o tema, destacando-se o fato de terem sido mencionados oito critérios diferentes em 11 empresas. São eles: custo, célula de fabricação, necessidade, DFP padrão, famílias de peças, processo e máquina, vida útil e função. Outro assunto que se evidenciou com 13% das declarações foi a **forma de efetivação e registro** da classificação, tendo havido, neste caso, unanimidade quanto à utilização de códigos. Outras três citações isoladas sobre o tema indicaram a inexistência de classificação na empresa. A Tabela 11 apresenta as abordagens dos entrevistados no tema em questão.

Quando o tema fica restrito à classificação por *features* ou por famílias, percebe-se que, de maneira geral, a primeira é desconhecida e a segunda é aceita, mas nenhuma é efetivamente utilizada nos SFPs das empresas.

Pela análise da classificação, deduz-se que esta é feita predominantemente em nível de tipo de DFP e de maneira informal, ou seja, a classificação, quando existe, não contempla os componentes de fixação e também não representa um sistema estruturado que possa ser integrado a outros sistemas gerenciais da empresa.

Tabela 11-Freqüências de declarações sobre classificação de DFPs e de componentes de fixação.

Categoria induzida	Categoria espontânea	Frequências de declarações	
Classificação genérica	Inexistência	1	3%
	Origem	1	3%
	Critérios de classificação	10	32%
	Forma de efetivação/registro	4	13%
	Desconhecimento no chão de fábrica	1	3%
Classificação por <i>features</i>	Desconhecimento do método	1	3%
	Complexidade das <i>features</i>	1	3%
Classificação por famílias	Existência	2	7%
	Requisitos	1	3%
	Aceitação	2	7%
Classificação por <i>features</i> ou por famílias	Ausência	1	3%
	Perspectiva	2	7%
	Requisito	1	3%
	Viabilidade condicionada	2	7%
	Alternativa	1	3%
Total		31	100%

Fonte: Primária.

Embora poucas citações tenham sido feitas sobre o auxílio do computador na classificação de DFPs e de componentes de fixação, conforme mostrado na Tabela 12, as opiniões encontram-se divididas entre aquelas empresas que consideram o computador necessário e as que o rejeitam para fins de classificação.

Tabela 12 - Frequências de declarações sobre o auxílio do computador na classificação.

Categoria induzida	Categoria espontânea	Frequências de declarações	
Auxílio do computador na classificação	Necessidade	1	17%
	Implantação	1	17%
	Inadequação	2	33%
	Associação com a aplicação	2	33%
Total		6	100%

Fonte: Primária.

Entende-se que a classificação de DFPs e de componentes de fixação através da tecnologia de *features* ainda é prematura para as empresas, de forma que o critério de famílias aparenta ser o mais conveniente no presente.

4.10.7 Codificação de DFPs e de componentes de fixação

Em relação à codificação de DFPs e dos componentes de fixação, 84% das 79 declarações referem-se especificamente ao **código**, e apenas 16% correspondem ao **sistema de codificação**, de acordo com a Tabela 13.

Tabela 13 - Frequências de declarações sobre codificação de DFPs e de componentes de fixação.

Categoria induzida	Categoria espontânea	Frequências de declarações	
	Sistema de codificação	13	16%
Codificação	Códigos	66	84%
Total		79	100%

Fonte: Primária.

Quanto ao **sistema de codificação**, os principais aspectos levantados nas empresas foram a sua inexistência, com 46% de representatividade no assunto, e a sua adequação tanto ao computador quanto à terceirização, com 23% de representatividade. Apenas uma empresa visitada declarou dispor de um sistema de codificação de DFPs, e dois declarantes indicaram que o setor produtivo de sua empresa não usa codificação para DFPs. Em referência aos **códigos** dos DFPs e dos componentes de fixação, os assuntos expressos foram a finalidade, a concepção e a aplicação desses, com representatividades de 45%, 41% e 14%, respectivamente. Quanto à finalidade dos códigos, verifica-se que esses são usados, prioritariamente, para as funções de identificação e de administração dos DFPs, com diversas atribuições em cada uma dessas. A concepção do código é expressa segundo a formatação, a exclusividade e a origem. Algumas declarações sobre a formatação indicam o uso do número do desenho do DFP; outras sugerem o código do fornecedor, e as demais são genéricas e inconsistentes. As declarações sobre a questão de exclusividade na concepção do código sugerem que esse deve ser único por DFP e que cada empresa deve ter sua própria codificação, exceto para os componentes comerciais. Quanto à origem dos códigos, quando as indicações não partem dos fornecedores de DFPs, são direcionadas ao setor de projetos ou de arquivos. No que se refere à aplicação dos códigos, novamente as

informações são dispersas, indicando o uso nas folhas de processo, no sistema computacional, em desenhos, ou na administração em geral.

O auxílio do computador na codificação de DFPs, segundo as informações coletadas, resume-se à viabilização de **códigos de barra** e à **codificação mnemônica** associada com imagens, com apenas uma declaração para cada um dos assuntos, conforme se pode ver na Tabela 14.

Tabela 14 - Frequências de declarações sobre o auxílio do computador na codificação.

Categoria induzida	Categoria espontânea	Frequências de declarações	
Auxílio do computador na codificação	Código de barras	1	50%
	Codificação mneumônica	1	50%
Total		2	100%

Fonte: Primária.

A análise acima permite concluir que as empresas necessitam de uma estrutura de codificação na área de SFPs. Nelas, a crescente utilização de computadores e a opção pela terceirização do projeto e da construção dos DFPs têm reforçado essa necessidade. Também é possível deduzir que os DFPs são, de uma forma ou de outra, codificados nas empresas, porém os códigos têm finalidades e funções muito específicas e limitadas, não constituindo um sistema que possa ter aplicação ampla ou multifuncional nessas organizações. Há indicativos de que as empresas mostram-se dispostas a usar recursos importantes da informática para a codificação de DFPs, como no caso da computação gráfica.

4.10.8 Gerenciamento de informações na área de SFPs

No tema gerenciamento de informações sobre os SFPs das empresas, foram expressos os seguintes assuntos: **ausência de sistemática**, **documentação de apoio**, **suporte computacional**, **fatores influentes** e **comunicação**, como pode ser verificado na Tabela 15.

Tabela 15 - Frequências de declarações sobre gerenciamento de informações de SFPs.

Categoria induzida	Categoria espontânea	Frequências de declarações	
Gerenciamento de informações (Documentação e base de dados)	Ausência de sistemática	8	15%
	Documentação de apoio	17	32%
	Suporte computacional	10	19%
	Fatores influentes	7	13%
	Comunicação	11	21%
Total		53	100%

Fonte: Primária.

A **ausência de sistemática** no gerenciamento das informações dos SSFPs está retratada em oito das declarações obtidas nas 11 empresas visitadas.

A **documentação de apoio** ao gerenciamento dos SSFPs foi o assunto abordado com maior frequência, representando 32% das 53 declarações sobre o tema. Segundo as opiniões coletadas, esta documentação destina-se, prioritariamente, a apoiar o projeto de DFPs na forma de desenhos ou de laudos técnicos. Verifica-se também que a distribuição de informações, a manutenção e o transporte de DFPs nas empresas são suportados por documentação pertinente a cada uma dessas situações.

O **suporte computacional** ao gerenciamento de SFPs mostrou-se um aspecto considerável nas empresas, com 19% das declarações sobre tema, porém direcionado prioritariamente ao monitoramento de estoque. Verifica-se também que algumas empresas consideram o suporte computacional como um recurso para a agilização, segurança e racionalização do projeto de DFPs.

Foram mencionados alguns **fatores influentes**, tanto problemáticos quanto facilitadores do gerenciamento de SFPs. Constata-se que os problemas, quando não são casos específicos, estão relacionados com a diversidade de DFPs e com a terceirização; por sua vez, os fatores facilitadores são atribuídos à invariabilidade e à pequena quantidade de componentes de fixação.

A **comunicação** no gerenciamento de SFPs foi outro assunto tratado com uma frequência considerável, obtendo 21% das declarações sobre o tema. A comunicação verbal e a falta de compartilhamento das informações sobre os SSFPs entre setores foram duas situações identificadas como existentes nas empresas. O fluxo de informações foi

um assunto mencionado em algumas declarações isoladas e representativas de casos particulares.

Do exposto, evidencia-se que as empresas visitadas não adotam procedimentos sistematizados de gerenciamento na área de SFPs. A informação nesta área parece ser tratada de maneira informal, sendo normalmente veiculada por documentação de orientação e apoio. Isso leva a crer que a documentação não tem característica de organização ou controle, exceto para o monitoramento de estoque, além de denotar a existência de um fluxo desordenado. Tal situação sugere o desenvolvimento e implantação de procedimentos sistemáticos de gerenciamento.

A produção flexível e a terceirização de serviços de projeto e de usinagem são características crescentes no paradigma da fabricação moderna. Também, tais características estão intimamente relacionadas com fatores problemáticos do gerenciamento de informações nos SFPs, como a diversidade de componentes de fixação e a própria terceirização dos DFPs, conforme relatado anteriormente. Assim, pode-se concluir que é imprescindível organizar e sistematizar o gerenciamento das informações dos SFPs para, numa etapa posterior, efetivar a sua implantação adequada em sistema computacional de gerenciamento de banco de dados.

Considerando as indicações de invariabilidade e redução dos componentes de fixação como fatores facilitadores do gerenciamento de SFPs, entende-se que a prática da modularidade viria a contribuir significativamente nessa área.

4.10.9 Registro de informações na área de SFPs

O registro de informações foi referenciado em 68 declarações, que retrataram os métodos utilizados nas empresas ou a ausência deste registro. Os métodos referidos e as respectivas frequências nas declarações estão representados na Tabela 16 e são os seguintes: **registro manual**, com 32% das declarações; **registro por computador**, com 25%; **registro em transferência para o computador**, com 15%, e **registro de alterações**, com 22%. A **ausência de registro** foi expressa por apenas 6% dos declarantes.

Tabela 16 - Frequências de declarações sobre o registro de informações de SFPs.

Categoria induzida	Categoria espontânea	Frequências de declarações	
	Manual	22	32%
Registro (arquivamento)	Em computador	17	25%
de informações	Em transferência para o computador	10	15%
(Documentação e base	Registro de alterações	15	22%
de dados)	Ausência de registro	4	6%
Total		68	100%

Fonte: Primária.

As empresas utilizam três formas de registro tanto no método **manual** quanto **em computador**: na forma de dados, de ocorrências e de desenhos ou fotos. No registro manual de dados, esses correspondem à informação de identificação dos DFPs e seu cadastramento pode ser feito tanto numa lista quanto na folha de processo. No registro manual de ocorrências, a prática é o uso de laudos técnicos sobre funcionamento e acontecimentos com os DFPs; no registro manual de desenhos, obviamente, esses são registrados em papel vegetal ou, no caso de DFPs Modulares, são feitas fotografias da montagem; no método manual, tanto o registro de dados quanto o de ocorrências são tratados com a mesma frequência de declarações sobre o assunto, ou seja, 41% cada; já o registro de desenhos está representado com apenas 18%. No método computacional, o registro de informações na forma de dados é tratado com maior frequência que nos demais, com 65% das declarações sobre o assunto, as quais se referem, basicamente, à aplicação de sistema computacional e ao uso de banco de dados. Ao registro computacional de ocorrências correspondem 23% das declarações, essas referentes ao relato do histórico do DFP. No que se refere às ocorrências, são históricos e documentos em geral dos DFPs existentes que são introduzidos no computador. Apenas duas declarações sobre o registro computacional de desenhos referem-se ao óbvio procedimento de arquivamento dos DFPs em ambiente CAD.

No registro de informações **em fase de transferência** de método manual para computacional, quando se trata de dados, os declarantes relatam a substituição de álbuns e pastas por arquivos informatizados. Segundo eles, além da transferência de desenhos para o computador, algumas empresas pretendem manter os desenhos dos DFPs também em papel vegetal.

Quanto ao **registro das alterações** nos DFPs, três empresas declararam efetivar a

ação, porém apenas duas citaram o método usado para tal. Destaca-se o fato de dez declarações entre as quinze feitas sobre esse registro referirem-se ao local onde ele é feito, a saber: principalmente em desenhos, mas também em folhas de processo ou no sistema computacional.

As poucas menções feitas à **ausência de registro** referem-se somente ao cadastramento, parcial ou nulo, de DFPs nos ativos da empresa.

As empresas pouco se manifestaram sobre o auxílio do computador no registro de informações de DFPs ou de componentes de fixação. Mesmo assim, o computador foi sugerido para a **racionalização da documentação, na orientação aos profissionais de fábrica e no apoio ao planejamento do processo**. A Tabela 17 apresenta a frequência com que tais assuntos foram mencionados nas entrevistas.

Tabela 17 - Frequências de declarações sobre o auxílio do computador no registro de informações.

Categoria induzida	Categoria espontânea	Frequências de declarações	
Auxílio do computador no registro de informações	Adequação	1	11%
	Desconhecimento	1	11%
	Planejamento do processo	2	22%
	Racionalização da documentação	4	45%
	Orientação dos profissionais	1	11%
Total		9	100%

Fonte: Primária.

A primeira constatação que a sintetização dos dados obtidos permite fazer é que as empresas visitadas estão substituindo o registro manual pelo computadorizado, contudo, não têm se preocupado com métodos ou técnicas para isso. Constata-se também que o registro das alterações feitas nos DFPs é muito considerado nas organizações, sobretudo quanto ao local desse registro, que é feito preferencialmente nos desenhos.

Com base nos procedimentos adotados nas empresas para o registro de informações nos SFPs, deduz-se que, apesar do processo de transição para o computador, não está sendo considerado o desenvolvimento de um trabalho de estruturação dessas informações visando a sua implantação em *softwares* apropriados. No entanto, sabe-se que existem *softwares* comerciais desenvolvidos para o gerenciamento desse tipo de informação, que poderiam ser aplicados com sucesso na atividade desde que as informações estivessem previamente estruturadas. Considera-se, assim, que essa é uma tarefa a ser executada internamente nas organizações.

4.10.10 Preservação do conhecimento na área de SFPs

As manifestações sobre o tema preservação do conhecimento na área de SFPs estão representadas por 74 declarações. Dessas, 61% referem-se aos recursos ou providências que são utilizados na preservação do conhecimento adquirido e 39% constituem-se em sugestões para tal propósito, conforme os resultados apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 - Frequências de declarações sobre a preservação do conhecimento na área de SFPs.

Categoria: induzida	Categoria: espontânea	Frequências de declarações		
Preservação do conhecimento : Providências quanto aos projetistas	Desenho	1	1%	
	Padronização	1	1%	5%
	Sistema CAD	2	3%	
Preservação do conhecimento : Providências quanto aos processistas	Documentos do processo	7	10%	14%
	Sistema computacional	3	4%	
Preservação do conhecimento : Providências quanto aos supervisores	Sem documentação	5	7%	7%
Preservação do conhecimento : Providências quanto aos operadores	Sem documentação	6	9%	
	Documentos dos SFP	2	3%	14%
	Identificação de destaque	1	1%	
	Diálogo	1	1%	
Preservação do conhecimento : Providências quanto aos profissionais em geral	Sem documentação	4	5%	
	Treinamento	5	7%	
	Pastas de arquivos	2	3%	21%
	Histórico do SFP	1	1%	
	Sistema computacional	3	4%	
	Norma de procedimentos	1	1%	
	Registro (arquivamento) de informações	13	18%	
Preservação do conhecimento : Sugestões (recomendações)	Interação entre setores	6	8%	
	Disponibilização de informações	4	5%	
	Treinamento	2	3%	39%
	Preservação dos profissionais	1	1%	
	Auxílio do computador	3	4%	
Total		74	100%	

Fonte: Primária.

Quanto aos recursos ou providências, verifica-se que, nas 11 empresas visitadas, os recursos mencionados para preservar o conhecimento foram direcionados aos **projetistas, processistas, supervisores e operadores**, tendo ocorrido também indicações de providências relacionadas com os **profissionais em geral**. Constata-se que os recursos relacionados aos projetistas, embora tenham tido apenas quatro citações, são os **desenhos e os sistemas CAD** e a **padronização dos DFPs**. Para resguardar a experiência dos processistas, dez declarações indicaram que são utilizados **documentos do processo**, dos quais 70% referem-se às folhas de processo; o restante indica o registro de procedimentos em **sistema computacional**. No que se refere aos supervisores, somente cinco empresas manifestaram-se, indicando **não terem nenhuma documentação** para preservação do conhecimento desses profissionais. Essa é a mesma situação verificada em seis das dez declarações feitas sobre a preservação do conhecimento dos operadores; as demais referem-se à prática de anotações em **documentos**, ao **diálogo** com o operador e à **identificação e preservação de operadores mais habilidosos**. Também foram mencionados recursos e procedimentos para a preservação do conhecimento dos profissionais em geral, tendo sido indicado o **treinamento** em cinco citações e a **falta de documentação** em quatro. Além desses, foram citados outros recursos, como o uso de **pastas, sistema computacional, norma de procedimentos** e relato do **histórico do DFP**.

Quanto às **sugestões**, predominaram o **registro de informações**, a **interação entre setores** e a **disponibilização das informações**, representando, respectivamente, 45%, 21% e 14% das declarações sobre o assunto. Também constituíram **sugestões**, embora com menor frequência, o **treinamento**, a **preservação dos profissionais** e o **auxílio do computador**.

Do exposto, conclui-se que as empresas visitadas não adotam uma ação de preservação do conhecimento na área de SFPs. Essa conclusão se fundamenta nas seguintes constatações: em primeiro lugar, as empresas confundem as técnicas usuais envolvendo os DFPs e componentes de fixação usados no processo produtivo com providências para a preservação do conhecimento; em segundo lugar, não é adotada nenhuma providência para resguardar o conhecimento nas situações em que os registros não são usuais, como o são as atividades dos supervisores e dos operadores.

Ao analisar as sugestões coletadas nas empresas, constata-se que, em parte delas, são conhecidas as diretrizes para efetivar a preservação da experiência na área de SFPs. Porém, ainda não foi assimilada a necessidade de implantar um plano para isso, que resulte em uma norma de procedimentos sistemáticos que regulem todas as atividades que envolvam DFPs e componentes de fixação.

4.10.11 Armazenamento de DFPs e de componentes de fixação

O armazenamento de DFPs e de seus componentes foi um tema relatado basicamente através dos tópicos **critérios** e **almoxarifado**, como pode ser observado na Tabela 19.

Tabela 19 - Frequências de declarações sobre o armazenamento de DFPs.

Categoria induzida	Categoria espontânea	Frequências de declarações	
Armazenamento	Falta de normas	2	3%
	Problema de espaço físico	1	1%
	Critérios de armazenamento	15	19%
	Responsabilidade	4	5%
	Em almoxarifado central	30	37%
	Em almoxarifado setorial/estante	28	35%
Total		81	100%

Fonte: Primária.

Das 81 declarações obtidas sobre o tema, 19% referem-se aos **critérios de armazenamento**, do que se deduz que o tipo de DFP, o seu porte e o número de máquinas atendidas foram os critérios mais evidenciados. Além desses, detectaram-se critérios de armazenamento citados isoladamente, como a importância do DFP, o princípio de família de peças e a frequência de uso.

Quanto à **responsabilidade** pelo armazenamento, apesar de ter sido mencionada apenas em quatro oportunidades, ficou evidente que essa atribuição cabe ao operador.

Sobre o assunto **almoxarifado**, verifica-se uma divisão entre os tipos central e setorial, sendo o primeiro mencionado em 37% das declarações sobre o tema, e o segundo, em 35% delas. Quanto ao **almoxarifado central**, verificou-se que quatro

empresas o adotam. No entanto, para o conjunto de declarações que tratam do controle no almoxarifado central, constatou-se que esse é usado somente em duas empresas: uma que utiliza fichas e outra, o computador. As empresas que dispõem de almoxarifado central manifestaram-se também quanto ao funcionamento deste, porém com poucas e inconsistentes declarações sobre o posicionamento dos estoques, a sua alocação na fábrica e a sua operacionalização. No que se refere ao **almoxarifado setorial ou estantes**, cinco empresas manifestaram adotar essa prática. Contudo, nas declarações sobre a operacionalização das estantes, fica evidente que essas são de livre-acesso aos operadores e que não existe nenhum controle formalizado sobre elas. Verifica-se que, no armazenamento setorial, a distribuição dos DFPs e de seus componentes na fábrica pode ocorrer próximo às máquinas, em estante ou não; próximo ao setor de manutenção; em locais de fabricação de produtos específicos ou próximo a um grupo de máquinas de um determinado tipo. Constata-se que algumas empresas adotam a identificação de posicionamento nas estantes. Um argumento mencionado como vantagem do armazenamento próximo à máquina foi a redução de tempo na localização do DFP.

Com base nos dados descritos, pode-se inferir que, em primeiro lugar, o fato de as empresas adotarem certos critérios para o armazenamento de DFPs e de seus componentes é um indício da necessidade de procedimentos sistemáticos na área de SFPs. Porém, a análise dos tipos de critérios adotados permite deduzir que a finalidade da sua aplicação no armazenamento é simplesmente a facilidade funcional no processo produtivo, sem considerar, portanto, um gerenciamento mais amplo. Essa dedução pode ser respaldada, em parte, pela constatação de que a responsabilidade pelo armazenamento é delegada ao operador. Em segundo lugar, não há razões explícitas para afirmar que a opção das empresas recai sobre o armazenamento em almoxarifado central ou setorial. Entende-se que essa opção é regida pelas características do sistema de produção e por um planejamento estratégico. Contraste entre as duas opções é detectado pela existência de algum controle, quando o almoxarifado é centralizado, e pela sua ausência na opção setorial. Entende-se também que o almoxarifado setorial tende a ter maior aceitação nas empresas, provavelmente em vista de ele ser estruturado para atender ao setor onde está localizado e pela facilidade operacional. Estima-se que o armazenamento setorial seja realmente a melhor opção para a maioria das empresas. Porém, neste caso, é necessário uma estrutura física e funcional organizada e um

gerenciamento central sistematizado, notadamente voltado para o controle. Naturalmente, outros aspectos e análises deverão ser considerados para uma tomada de decisão quanto à melhor opção.

4.10.12 Manuseio e transporte de DFPs

Quando se trata de procedimentos para o manuseio e o transporte dos DFPs usados nas empresas, os assuntos predominantes são os **meios de transporte** e os **cuidados** com os DFPs. Das 24 declarações obtidas no tema, 67% referem-se ao primeiro assunto e 25%, ao segundo, conforme está mostrado na Tabela 20.

Tabela 20 - Frequências de declarações sobre manuseio e transporte de DFPs.

Categoria induzida	Categoria espontânea	Frequências de declarações	
Manuseio e transporte de DFPs	Disponibilidade de regras	1	4%
	Responsabilidade do operador	1	4%
	Meios de transporte	16	67%
	Cuidados	6	25%
Total		24	100%

Fonte: Primária.

Em relação à seleção do **meio de transporte**, verificou-se que os critérios adotados são o tamanho e o peso do DFP. O carrinho é o meio utilizado na maioria das empresas visitadas, porém, em alguns casos, foram referidos o uso de empilhadeiras e o auxílio de sistemas de elevação junto às máquinas.

No que se refere aos **cuidados** com os DFPs, as colocações feitas indicaram a orientação aos usuários por meio de treinamento e de manual de uso. A conscientização dos funcionários quanto aos cuidados com os DFPs foi um aspecto mencionado em duas das empresas visitadas.

Do exposto, pode-se concluir que as técnicas e os recursos físicos utilizados para o manuseio e o transporte de DFPs não constituem preocupação significativa nas empresas. Conclui-se também que o meio de transporte a ser utilizado na empresa deve ser regido pelas condições de segurança. Assim, considera-se que empilhadeiras e pontes rolantes devem dar lugar a recursos técnicos desenvolvidos especificamente para o transporte de

DFPs. Em complemento, entende-se que a opção por almoxarifados setoriais facilita o transporte. Por fim, é possível concluir que a capacitação dos funcionários é a principal preocupação das empresas, senão a única, no que se refere ao manuseio e transporte de DFPs. Considera-se, assim, relevante a implantação de regras e procedimentos em complemento a um trabalho permanente de treinamento e conscientização.

4.10.13 Manutenção de DFPs

A questão da manutenção foi abordada pelos entrevistados sob os aspectos de sua finalidade, sistematização, programação, procedimentos técnicos, serviços internos e serviços externos, totalizando 47 declarações espontâneas, conforme a Tabela 21.

Tabela 21 - Frequências de declarações sobre manutenção de DFPs.

Categoria induzida	Categoria espontânea	Frequências de declarações	
Manutenção	Finalidades	3	6%
	Sistematização	7	15%
	Programação	6	13%
	Procedimentos técnicos	14	30%
	Serviços internos	16	34%
	Serviço externo	1	2%
Total		47	100%

Fonte: Primária.

Quanto à finalidade da manutenção, somente três declarações a referiram, obtendo-se, assim, a baixa representatividade de apenas 6%. Uma dessas aponta como finalidade a melhoria dos DFPs; outra indica a correção de desgaste, e uma terceira acusa a falta de cuidados dos funcionários.

A sistematização dos procedimentos de manutenção na área de SFPs representou 15% das declarações sobre o tema. Dessas, mais da metade, ou 57%, relata a inexistência de manutenção de DFPs nas empresas; as restantes relatam a existência de um procedimento muito rudimentar ou, simplesmente, apenas a intenção de implantá-lo.

No que se refere à programação da manutenção de DFPs, percebe-se a baixa ocorrência desse item nos depoimentos, considerando sua importância para o planejamento e controle da produção, pois obtiveram-se apenas 13%. Metade dessas

declarações relata o uso do procedimento de manutenção do tipo corretiva; das demais, sobre o assunto programação, pôde-se inferir que a manutenção preventiva de DFPs é apenas uma intenção na empresa e que não existe uma pessoa ou setor responsável pela sua programação.

Procedimentos técnicos de manutenção foi o assunto focado pelos entrevistados em 14 das 47 oportunidades em que eles se manifestaram sobre o tema, representando 30% das declarações. Esses procedimentos técnicos referem-se, predominantemente, à questão da proteção dos DFPs contra as agressividades do meio, envolvendo a metade das declarações sobre o assunto. A outra metade situou-se, de forma confusa, entre as questões de análise técnica e de monitoramento da manutenção, com exceção de uma citação em defesa da aplicação do computador como recurso de monitoramento. Entende-se como confusas as declarações sobre monitoramento e análise técnica referida porque elas relatam a própria forma de análise do estado de uso dos DFPs.

Serviços internos de manutenção foi o assunto com maior frequência nas declarações sobre o tema, obtendo uma representatividade de 34%. Segundo as respostas dos entrevistados, tais serviços estão representados pela forma como são feitas as solicitações de manutenção e pela competência da responsabilidade de sua execução e de sua aprovação. As declarações sobre solicitações envolveram 44% daquelas relativas ao assunto denominado serviços internos, no entanto as informações são dispersas e, em alguns casos, contraditórias. Ou seja, em uma situação, as solicitações são documentadas e, em outra, são verbais; ou ainda, em uma empresa, cabe aos operadores de máquinas fazer as solicitações de manutenção de DFPs; já em outra, essa ação não é permitida a esses funcionários. Quanto à execução dos serviços internos, representando 50% das declarações sobre o assunto, o enfoque é dado para a autoria desse serviço. As informações, nesse caso, apontam uma tendência de que a execução da manutenção seja realizada em setores apropriados, como a Ferramentaria ou o setor de Manutenção propriamente dito. No entanto, percebe-se que, por vezes, essa tarefa é atribuída ao preparador de DFPs e ao técnico de processos. Quando é citado o serviço de aprovação da manutenção, no caso em uma única declaração, a função é atribuída ao analista de processos.

No que se refere aos **serviços externos** de manutenção, uma única declaração discorre sobre a efetivação de consertos junto aos fornecedores de DFPs. Por essa informação, pode-se deduzir que as empresas que usam DFPs construídos por terceiros ou compram SSFPs Modulares prontos também não fazem a sua manutenção, delegando a tarefa a terceiros.

Do exposto, constata-se que as empresas, de maneira geral, não têm dado a importância devida à questão da manutenção planejada e sistematizada de DFPs. Tal constatação fica evidente quando se percebe que a maioria das empresas não efetivam a manutenção dos seus DFPs e aquelas que o fazem não enfatizam a sua finalidade, muito provavelmente por desconhecê-la. Além disso, nos casos em que a manutenção é efetuada, predomina amplamente o sistema corretivo em detrimento do preventivo. Deduz-se disso que muitas empresas ainda não se deram conta de que a indisponibilidade de um DFPs, por falta de manutenção, pode causar sérios problemas em seu setor de PCP, no fluxo produtivo, enfim, na produtividade e competitividade como um todo.

Ao analisar os procedimentos relacionados com a manutenção dos DFPs nas empresas, detecta-se uma certa polarização entre os enfoques técnico e administrativo. Nos dois casos, não existem critérios para reger as funções envolvidas. Enquanto questões simples ou secundárias da manutenção, como proteção contra corrosão (no enfoque técnico) e responsabilidade das ações (no enfoque administrativo), são priorizadas nas declarações dos representantes, questões fundamentais, como acompanhamento da vida útil, evolução e critérios de desgaste, estoque mínimo, informatização segura, entre outras, praticamente foram desconsideradas. Essa situação denota claramente o descaso das empresas com a área de SFPs, cuja manutenção é realizada, de uma forma ou de outra, predominantemente nas suas dependências.

Julga-se que as razões do descaso das empresas com a manutenção de seus DFPs podem ser atribuídas, fundamentalmente, aos fatores negligência e incapacidade. No caso de negligência, estima-se que a ameaça à perda de competitividade ou à sobrevivência da empresa possa levar à conscientização sobre os cuidados necessários para com os seus DFPs. Já, para a incapacidade, pressupõe-se que o apoio de uma sistemática de organização e de gerenciamento na área de SFPs seja uma medida indispensável.

4.10.14 Controle de DFPs e de componentes de fixação

O controle de DFPs e dos seus componentes de fixação nas empresas foi abordado pelos entrevistados em 199 declarações espontâneas, distribuídas em oito aspectos induzidos de sua aplicação, conforme apresentados na Tabela 22, com suas respectivas frequências de ocorrência no tema.

Tabela 22 - Frequências de declarações sobre o tema controle na área de SFPs.

Categoria induzida	Categoria espontânea	Nº	Frequências de declarações		
			% na categoria induzida	% no tema controle	
Controle de recebimento	Interno	13	28%	7%	
	Externo	34	72%	17%	24%
Controle de identificação	Responsabilidade	1	8%	0,5%	
	Código do DFP	7	58%	3,5%	
	Código do DFP e número da peça	1	8%	0,5%	6%
	Foto do DFP e número da peça	1	8%	0,5%	
	Referências do processo	1	8%	0,5%	
	Planilha eletrônica	1	8%	0,5%	
Controle de disponibilidade	Ausência	9	28%	4,5%	
	Necessidade	6	19%	3%	
	Inconsistência do controle	2	6%	1%	16%
	Técnicas	9	28%	4,5%	
Controle de inventário	Executor	6	19%	3%	
	Ausência	7	64%	3,5%	
	Necessidade descartada	1	9%	0,5%	5%
Controle de descarte	Métodos	3	27%	1%	
	Ausência	4	21%	2%	
	Reincidência de necessidade	1	5%	0,5%	
	Métodos	8	42%	4,5%	10%
Controle de localização na fábrica	Critérios de descarte	6	32%	3%	
	Ausência de métodos	4	20%	2%	
	Deficiências atuais	2	10%	1%	
	Implantação	2	10%	1%	10%
	Métodos	7	35%	3,5%	
	Responsabilidade	5	25%	2,5%	

(cont....)

Tabela 22 - Frequências de declarações sobre o tema controle na área de SFPs (conclusão).

Categoria induzida	Categoria espontânea	Nº	Frequências de declarações	
			% na categoria induzida	% no tema controle
Controle de fluxo	Ausência	6	20%	3%
	Responsabilidade	9	30%	4,5%
	Métodos	11	37%	5,5%
	Fatores a considerar	4	13%	2%
Auxílio do computador no controle	Adequação	5	18%	2,5%
	Inconveniências	2	7%	1%
	Necessidades	3	11%	1,5%
	Acessibilidade	3	11%	1,5%
	Métodos	15	53%	7,5%
Total		199		100%

Fonte: Primária.

Com relação ao assunto **controle de recebimento** de DFPs e componentes de fixação, este foi tratado na forma de atividades **internas** e **externas** à empresa, com predominância para o segundo caso, com 72% das citações sobre recebimento; o primeiro ficou com os 28% restantes.

No que se refere especificamente ao controle de recebimento **interno**, constatou-se, nas declarações dos entrevistados, em primeiro lugar, que a finalidade desse é a verificação dimensional e funcional e, em segundo lugar, que as formas de controle são diversificadas. Entre essas, encontram-se o controle visual, o uso de fichas *cardex*, o *tryout* do DFP e o auxílio do computador. Uma empresa declarou que não mantém controle de recebimento de DFPs entre setores; em outras, esse é realizado pelo setor de Engenharia ou pela Ferramentaria no momento em que os DFPs saem da produção das peças.

Quanto ao controle de recebimento **externo**, os entrevistados referiram a sua finalidade, os seus executores, as suas condições de efetivação, os locais e formas de sua execução e os resultados do controle. A finalidade básica indicada para o controle de recebimento **externo** foi a verificação de conformidade das especificações de projeto, dando a entender que os DFPs são construídos por terceiros ou que seus componentes são adquiridos no mercado. No que se refere às formas de execução do recebimento

externo de DFPs, as várias declarações concentram-se no aspecto da realização de testes de funcionamento, tanto com controle estatístico quanto sem esse. Entretanto, não foram feitas menções sobre os itens a serem controlados, exceto em uma declaração, na qual foram citadas as questões de acesso e remoção da peça, colisão, medição e emissão de relatório. Percebe-se, por essas constatações, que as empresas não adotam um procedimento rotineiro e documentado para operacionalizar o recebimento externo.

Como resultado do controle de recebimento **externo**, os entrevistados indicaram o registro das ocorrências devidamente documentadas na forma de fichas de controle ou de laudos técnicos e que podem determinar a aprovação do DFP, sua não-conformidade ou sua reprovação. Como providências, foram mencionadas apenas as correções feitas internamente na empresa, apesar de os DFPs serem oriundos de fora dessa. As análises quantitativa e qualitativa feitas fornecem indícios de que o controle de recebimento nas empresas é efetivado, predominantemente, por necessidade de conferência das especificações técnicas dos componentes de fixação adquiridos externamente. Além disso, ao analisar as informações da Tabela 22, percebe-se que a ação de recebimento é a que apresenta a maior frequência de citações, sendo a única entre os aspectos das aplicações do controle que está associada a atividades externas à empresa. Destas duas análises pode-se inferir que, em princípio, as empresas não executam um controle de recebimento **interno** durante o fluxo dos DFPs e dos componentes de fixação na fábrica ou, quando o fazem, esse é realizado de forma superficial e precária. Outra dedução que as análises permitem é que as empresas tendem a dar preferência à aquisição dos DFPs e dos seus componentes no mercado, ao invés de desenvolvê-los internamente.

O assunto denominado **controle de identificação** de DFPs, com apenas 12 menções, teve seu enfoque na questão do **código**, a qual, sozinha, representou 58% das declarações sobre o assunto. As demais questões mencionadas, cada qual relatada com uma única declaração, tratam da **responsabilidade** pela identificação e das diferentes formas de efetuar-la. Verificou-se, com predominância, que o **código** é gravado no próprio DFP e que pode ser originado tanto na fase de projeto quanto na sua construção. Apreendeu-se, também, das declarações dos entrevistados que as formas de identificação são variadas nas empresas, envolvendo a utilização, isolada ou associada, do **número da peça fixada**, do **número do DFP** ou de sua **fotografia**, de **referências de processo**, como a operação ou a máquina, e de **planilhas eletrônicas**.

Do que foi exposto sobre o controle de identificação, deduz-se que o código é o meio mais difundido para o tratamento das informações envolvidas com os DFPs e, provavelmente, o mais apropriado. Porém, a sua concepção é originada em setores diferenciados de uma mesma empresa, o que pode causar a falta de padronização e, conseqüentemente, baixas assimilação e aplicação em todos os setores competentes da organização. No que se refere às formas de identificação, entende-se que deveria existir uma normalização das informações mais relevantes dos DFPs e de seus componentes de fixação e, como o código parece ser o meio mais promissor para efetuar a identificação, o computador deveria ser usado neste caso como recurso fundamental.

O **controle de disponibilidade** dos DFPs foi o assunto abordado principalmente nos aspectos da sua **ausência** e dos **recursos técnicos** utilizados para sua efetivação, tendo cada um obtido 28% das declarações sobre o assunto. A **necessidade** de controle de disponibilidade e a **responsabilidade** pela sua execução foram aspectos do assunto abordados com 19% de participação cada um. Além desses, o aspecto de **inconsistência do controle** de disponibilidade foi mencionado em apenas duas declarações. Se, por um lado, a grande maioria das empresas visitadas declara não possuir nenhum controle de disponibilidade, por outro, algumas expressam a necessidade desse controle nos casos de aplicação de SSFPs Modulares, de armazenamento centralizado ou, ainda, para evitar problemas de duplicidade e atrasos nos fornecimentos de terceiros. Verifica-se que essa necessidade é dispensada quando os DFPs são dedicados a máquinas específicas, nas quais permanecem montados praticamente durante todo o tempo. A análise dessa situação conduz à conclusão de que as empresas consideram importante fazer controle de disponibilidade, mas não o praticam. Também se pode concluir que a causa disso é a falta de organização física e procedimental na área de SFPs.

Tratando-se dos recursos técnicos para o controle de disponibilidade, observa-se que a constatação visual ainda é o recurso mais utilizado nas empresas. No entanto, o uso de listagens e de sistema computacional é declarado em duas oportunidades cada, e o registro em folha de processo é citado uma única vez. Percebe-se, com base nessas informações, que as empresas buscam, de alguma forma, fazer o controle de disponibilidade dos seus DFPs, porém não há descrição dos procedimentos usados, qualquer que seja o meio de controle empregado. Isso denota a falta de métodos sistemáticos para tal ação, pelo menos de maneira documentada.

Ao serem interrogados sobre a quem compete a responsabilidade pela execução do controle de disponibilidade, as respostas dos entrevistados direcionam-se para o usuário dos DFPs, sendo o processista indicado pela maioria; foram também mencionados o preparador, o usuário da produção propriamente dito, o analista de processos ou, mais genericamente, a Engenharia de Fábrica. O fato de a responsabilidade pelo controle de disponibilidade ser atribuída aos usuários dos DFPs permite deduzir que as ações desses funcionários para providenciar soluções emergenciais aos problemas de indisponibilidade no momento da aplicação dos DFPs são entendidas nas empresas como forma de controle. Porém, o que ocorre, de fato, é justamente o contrário, ou seja, a falta de procedimentos de controle é que gera indisponibilidades de DFPs na fábrica, causando problemas, em primeira instância, aos usuários diretos.

O **controle de inventário** de DFPs e de componentes de fixação foi o assunto tratado com menor frequência de declarações espontâneas sobre o tema, conforme pode ser visto na Tabela 22. Dessas poucas declarações, 64% referem-se à **ausência** desse tipo de controle. Se for acrescida outra declaração neste sentido, que revela **não ser necessário** tal tipo de controle, o índice de sua inexistência sobe para 73%. Como **método** ou critério para aplicar o controle de inventário, foram mencionados apenas o valor patrimonial do item e a sua presença no ativo fixo da empresa. Uma única declaração refere-se ao auxílio do computador para o controle de inventário. Analisando essa situação, deduz-se que a função de controle de inventário dos DFPs e dos componentes de fixação praticamente não é exercida na maioria das empresas visitadas. Somente em raros casos, e quando os DFPs têm valor patrimonial considerado significativo para a empresa, esta efetua tal controle. Notam-se, nas declarações dos sujeitos da pesquisa, um certo desinteresse e despreocupação para com o controle de inventário. Isso leva a crer que as empresas a que pertencem, de um modo geral, ainda preferem tratar seus DFPs como bens de consumo ao invés de adotar uma estratégia de reaproveitamento de componentes fundamentada em princípios de padronização e modularidade. Provavelmente, não estão evidenciados para essas organizações os benefícios técnicos, econômicos e administrativos que tal estratégia pode proporcionar, como a facilidade nas montagens, a redução de custos e de espaço físico com estoques desnecessários, a agilização e confiabilidade no tratamento dos dados e informações, entre outros.

No item **controle de descarte** dos DFPs e dos componentes de fixação, em abordagens espontâneas, os entrevistados expressaram-se sobre a **ausência** desse tipo de controle nas empresas, os **métodos** utilizados, os **critérios** adotados, além de fazerem um alerta sobre a **reincidência de necessidade** de DFP já descartado. As frequências das declarações em cada uma dessas abordagens do controle de descarte são indicadas, respectivamente, pelos índices 21%, 42%, 32% e 5%. Quando a abordagem é sobre a **ausência** do controle de descarte, essa foi referida em duas oportunidades aos procedimentos sistemáticos desse controle, e não à iniciativa de sua efetivação, como é o caso de outra declaração feita. Os **métodos** de controle de descarte declarados ficaram divididos em tipos formais e informais, com predominância para o primeiro na relação de cinco para três. Quanto aos métodos formais, as informações apresentam sentidos variados nas diversas declarações, como no caso de envolvimento de documentação, necessidade de liberação de um DFP por mais de uma pessoa e de responsabilização de um setor específico para efetuar o descarte. Já, no método informal, observam-se declarações relativamente vagas e com o sentido único de desvincular a responsabilidade pelo controle de descarte de uma pessoa ou setor, liberando-a para o usuário do DFP no momento em que esse achar oportuno. Em relação aos **critérios** adotados pelas empresas para fazer o controle de descarte, aparece com destaque a obsolescência do produto, porém foram mencionadas também a falha irrecuperável do DFP, sua alteração técnica e sua substituição por um Modular. Do exposto sobre **controle de descarte** de DFPs e de componentes de fixação nas empresas visitadas, conclui-se que essas, na maioria das vezes, adotam critérios metodológicos, porém ainda se pratica o controle informal, que, a rigor, implica a falta de controle. Em geral, o controle de descarte, quando adotado na empresa, não está devidamente sistematizado, pois os responsáveis por sua execução são variados e seus recursos são dispersos. Novamente, neste caso, indica-se a necessidade de um plano de informatização dos dados e informações dos DFPs e dos componentes de fixação existentes no âmbito de empresa.

O **controle de localização** dos DFPs e dos componentes de fixação na fábrica foi declarado **inexistente** em quatro das 11 empresas visitadas. No entanto, uma declaração é muito significativa ao referir que “uma das piores **deficiências atuais** da fábrica é não achar um DFP existente”. Foi registrada, pelo menos, uma declaração que informa a intenção de introduzir o controle de localização no sistema computacional da empresa e

outra que restringe a **implantação** deste controle a fábricas que disponham de almoxarifado central de DFPs e dos componentes de fixação. No que se refere aos **métodos** de controle de localização, foram declarados os recursos de listagens e de códigos, cada um com três referências, e as fichas cardex, com uma declaração. No entanto, sabe-se que somente o último método é um recurso usado para fazer o controle de localização; os demais aplicam-se ao controle de existência. A **responsabilidade** pelo controle de localização dos DFPs e de seus componentes foi atribuída tanto a pessoas quanto a setores da empresa. No primeiro caso, as informações são dispersas, apontando ora para o projetista, ora para o operador e também para o analista de cada setor; já as declarações relativas à responsabilidade setorial indicam que essa recai sobre o almoxarifado de ferramentas de corte e sobre o setor de Métodos e Processos. A análise das declarações sobre **controle de localização** na fábrica permite concluir: em primeiro lugar, que esse controle tem sua importância reconhecida em algumas das empresas visitadas; segundo, que existe confusão nessas empresas quanto ao significado do controle de localização, do controle de existência ou de disponibilidade e do que é simplesmente a localização ou procura dos DFPs e dos componentes de fixação. Isso fica evidenciado tanto nas declarações referentes aos métodos de controle de localização quanto naquelas que tratam de sua responsabilidade. Enfim, constata-se, mais uma vez, a falta de procedimentos sistematizados.

Quanto ao **controle de fluxo** dos DFPs e dos componentes de fixação, os representantes das 11 empresas visitadas fizeram, pelo menos, seis declarações sobre a **ausência** desse nas suas fábricas. Por outro lado, nove declarações relatam autorias de **responsabilidades** por este controle, e 11 citações foram feitas sobre os **métodos** adotados na sua efetivação. No que se refere às responsabilidades, observou-se que a indicação prioritária foi para os processistas, mas também os operadores e os preparadores de máquinas foram indicados. Também foram nomeados os setores de Almoxarifado de Ferramentas de Corte e a Engenharia de Fábrica como responsáveis pelo controle de fluxo dos DFPs e dos componentes de fixação. Quanto aos **métodos** desse controle, constatou-se uma significativa predominância daqueles realizados por fichas ou etiquetas, com 64% das declarações sobre o assunto; os 36% restantes ficaram distribuídos entre os métodos visual, por ordem de fabricação e por relatório de inspeção. Os entrevistados, em quatro declarações, mencionaram **fatores a considerar** no controle

de fluxo, que, em suma, são os seguintes: o plano de expansão da empresa, a previsão da necessidade dos componentes de fixação, sua frequência de uso dos DFPs e a independência das fixações de protótipos em relação ao fluxo normal dos DFPs e dos componentes de fixação da fábrica. Com base na análise das informações relatadas, constata-se, inicialmente, que a maior parte das empresas não efetua o controle de fluxo dos seus DFPs e dos seus componentes de fixação. As empresas que supostamente exercem essa ação realizam-na, basicamente, através de um sistema de controle de movimentação e de localização de itens, tipo Kanban, e com operacionalização efetivada pelos usuários de DFPs. Entende-se ser pertinente a implantação de um sistema informatizado para exercer o controle de fluxo em substituição às fichas ou etiquetas, com o que se julga ser possível eliminar as responsabilidades dos usuários finais, repassando-as, sob a forma de coordenação, a um setor apropriado da empresa. Considera-se também ser pertinente a preocupação de que o controle de fluxo deva proporcionar uma previsão de consumo e de necessidades de DFPs e de componentes de fixação, função que pode ser implementada por meio de um procedimento adequado de controle de estoque, preferencialmente informatizado.

Quanto ao auxílio do computador para o controle de DFPs e dos componentes de fixação nos seus diversos aspectos, os representantes das empresas visitadas pronunciaram-se na forma de opiniões, crítica e sugestões, com os seguintes enfoques: **adequação, inconveniências, necessidades, acessibilidade e métodos**. O último enfoque representou 53% das declarações sobre o auxílio do computador no controle de DFPs e dos componentes de fixação, ficando o percentual restante distribuído regularmente entre os demais enfoques. Quando os entrevistados se referiram à **adequação** do computador, ficaram evidenciadas as indicações de sua aplicabilidade e as estimativas da facilidade, simplicidade, utilidade e segurança técnica que este propicia ao controle. Entretanto, foi mencionado que o computador pode ser **inconveniente** quanto às questões de tempo e de custo exigidos para o arquivamento de dados quando a quantidade de componentes de fixação for grande, ou pode ser indiferente para o controle quando essa quantidade for pequena. Em oposição, outra declaração considera o auxílio do computador uma **necessidade** para a administração de grandes quantidades de componentes de fixação. Obtiveram-se, ainda, outras duas declarações em defesa da necessidade do computador para fins de controle nos SFPs das empresas. Nas três

oportunidades em que foi mencionada a questão de **acessibilidade** dos funcionários ao computador, ficou evidenciada a sugestão de que deveria ser proporcionado a todos o acesso aos dados e informações. Quanto aos **métodos** e formas por meio dos quais o computador poderia auxiliar no controle de DFPs e de componentes de fixação, destaca-se a predominância de indicações sobre o uso de terminais de rede na empresa, com 67% de representatividade nas citações; os demais 33% tratam do uso de banco de dados, de programas computacionais e de códigos de barras. No que se refere à aplicação de terminais de computador em rede na empresa, os entrevistados apontaram algumas funções a serem exercidas através deste recurso, das quais se salientam as seguintes: atualização das informações de DFPs nas ilhas de fabricação, centralização do controle em um único setor, integração de setores no uso de dados técnicos, identificação associativa entre peça e seu respectivo dispositivo de fixação e disponibilização dos procedimentos envolvidos com os DFPs e de componentes de fixação. Para os programas computacionais, foram sugeridos a simplicidade operacional e a disponibilidade de *softwares* para classificação e codificação. Além desses, o sistema de código de barras foi sugerido para possibilitar o monitoramento dos DFPs no próprio setor de produção. Sobre o uso de banco de dados, o posicionamento dos entrevistados que se manifestaram sobre o assunto foi no sentido de essa ser uma iniciativa para a implantação do controle na área de SFPs. A análise das informações sobre o **auxílio do computador** no controle de DFPs e de componentes de fixação permite concluir que as empresas visitadas assimilam a necessidade e a importância do computador nesse controle. No entanto, essa assimilação é generalista e superficial, situando-se em nível de uma nova tecnologia inevitável, o que denota a falta de conhecimento sobre os recursos e benefícios particularizados que o computador pode propiciar para o controle dos SFPs das empresas. Assim, estima-se ser necessário desenvolver um plano de ação ou uma sistemática de procedimentos que levem ao tratamento adequado das informações dos DFPs e dos componentes de fixação de uma forma lógica e informatizada. Nesse sentido, estão disponíveis sistemas computacionais para gerenciamento de bancos de dados que, apesar de sua aplicação genérica ou de serem desenvolvidos para outras mais específicas, podem ser configurados para o gerenciamento de SFPs. Antes, porém, é necessário organizar e preparar a empresa para receber tal informatização na área de SFPs.

4.10.15 Organização e racionalização na área de SFPs

Nas 11 empresas visitadas, foram registradas sete declarações espontâneas de que **não existe uma sistemática de organização** na área de SFPs. Quando alguma providência dessa organização é tomada, acontece de maneira informal e sob a responsabilidade dos operadores ou dos chefes de setores. O tema racionalização na área de SFPs foi abordado com maior frequência em relação à organização, com 65% das declarações sobre esses dois temas específicos. A exemplo da organização na área de SFPs, a sua **racionalização é considerada inexistente** no ponto de vista de sete entrevistados e a atribuição de sua efetivação é dada aos usuários diretos dos DFPs. Nos raros casos em que a racionalização é considerada existente na empresa, é entendida como uma ação de limpeza e triagem, ou como ajustes no momento em que ocorrem problemas com os DFPs. Em uma única declaração pôde-se perceber uma atitude real de racionalização, sendo esta explicitada como uma análise da área SFPs por grupos de apoio à produção. A Tabela 23 apresenta os resultados das entrevistas quanto ao tema organização e racionalização na área de SFPs.

Tabela 23 - Frequências de declarações sobre organização e racionalização na área de SFPs.

Categoria induzida	Categoria espontânea	Nº	Frequências de declarações		
			% na categoria induzida	% no tema organização e racionalização	
Organização e racionalização na área de SFPs: - Procedimentos -	Inexistência de sistemática de organização	7	33%	15%	
	Pessoas responsáveis pela organização	2	10%	4%	45%
	Métodos usados para racionalização	12	57%	26%	
Organização e racionalização na área de SFPs: - Ações -	Melhorias	16	76%	34%	45%
	Sistematização	5	24%	11%	
Auxílio do computador na organização e racionalização da área de SFPs	Desconhecimento	1	20%	2%	
	Uso de banco de dados	2	40%	4%	
	Por meio de controle	1	20%	2%	10%
	Pelo uso de CAD	1	20%	2%	
Total		47		100%	

Fonte: Primária.

A forma de auxílio do computador na racionalização da área de SFPs, quando não é completamente **desconhecida**, é entendida simplesmente como a implantação de um **banco de dados**, como o acesso a **bibliotecas de desenhos em CAD**, ou pelo **controle informatizado** dos DFPs e de seus componentes na fábrica. Os representantes das empresas visitadas manifestaram-se também quanto às **ações** desenvolvidas para a organização e racionalização da área de SFPs, cujas declarações foram no sentido da promoção de **melhorias** e da **sistematização**. Muitas ações de melhorias foram mencionadas, de forma que sua importância para a orientação e desenvolvimento de um trabalho abrangente na área de SFPs justifica que sejam aqui sumariamente relatadas, a saber: treinamento e educação, controle feito pelo operador, informatização, existência de relatório descritivo de procedimentos, adoção de SSFPs Modulares, suporte técnico de fornecedores, realização de auditoria na área de SFPs, existência de almoxarifado com controle, efetivação de manutenção preventiva e participativa, facilitação de manuseio e transporte dos DFPs, relocação das atividades que envolvem SSFPs para os setores competentes, terceirização, análise de falhas e participação dos operadores no planejamento de DFPs. No que se refere às ações de **sistematização** da organização e da racionalização na área de SFPs, os aspectos levantados pelos entrevistados foram os seguintes: alocação dos DFPs ao lado das máquinas, disponibilização de uma pessoa como responsável pela área de SFPs, distribuição de responsabilidades pelos DFPs e seus componentes de fixação em todos os setores da fábrica, criação de um grupo de apoio à produção voltado aos DFPs e uso de codificação mnemônica.

Da análise das declarações dos entrevistados, no que se refere ao tema organização e racionalização da área de SFPs, podem ser extraídas as seguintes conclusões: em primeiro lugar, os próprios representantes da maioria das empresas reconhecem não adotar uma sistemática de organização e racionalização na área de SFPs; em segundo lugar, essa racionalização aparenta ser uma atividade mais perceptiva e receptiva para as empresas do que a sua organização, o que pode representar indícios informais de gerenciamento de SFPs em prática nas empresas e, ao mesmo tempo, a quebra de barreiras ou sua facilitação para que seja implementado um gerenciamento sistematizado e informatizado; em terceiro lugar, novamente se percebe a confusão por parte dos entrevistados entre um procedimento gerencial em SFPs e atividades

emergenciais e isoladas de administração em chão-de-fábrica; em quarto lugar, o auxílio do computador é entendido apenas como um recurso para resolver problemas específicos ou efetivar melhorias isoladas na área de SFPs, e não como um ambiente onde podem ser inseridos todos os procedimentos para efetuar a organização e racionalização. Por fim, ressalta-se que diversas ações efetivadas nas empresas, no sentido de melhorar ou de sistematizar a organização e a racionalização na área de SFPs, são extremamente válidas e devem ser consideradas em seu conjunto no desenvolvimento de uma metodologia gerencial ampla de SFPs. Algumas dessas ações são imprescindíveis para tal metodologia, como a educação e o treinamento das pessoas, a informatização, a documentação, a modularidade, o controle centralizado, a manutenção preventiva, a análise de falhas e a codificação mnemônica.

Ao externarem suas opiniões sobre o trabalho de gerenciamento de SFPs, os entrevistados posicionaram-se acerca de três enfoques: a importância deste gerenciamento, sugestões e críticas, conforme mostrado na Tabela 24.

Tabela 24 - Frequências das opiniões sobre o gerenciamento de SFPs.

Categoria induzida	Categoria espontânea	Frequências de declarações	
Opinião sobre o gerenciamento de SFPs	Importância	3	25%
	Sugestões	5	42%
	Críticas	4	33%
Total		12	100%

Fonte: Primária.

No que se refere à **importância** do gerenciamento de SFPs, as três declarações feitas revelaram que esse trabalho representa uma contribuição para as empresas. Já a parcela de 42% de declarações sobre **sugestões** ficou distribuída entre as questões de racionalização, padronização e seleção dos DFPs, a questão de segurança e o aspecto da simplicidade do sistema de gerenciamento. As **críticas** foram atribuídas ao entendimento de que esse trabalho é teórico, não considera custos e não oferece elementos quantificadores do gerenciamento.

Por fim, as empresas visitadas foram caracterizadas por seus representantes em 57 declarações, conforme consta na Tabela 25.

Tabela 25 - Frequências de declarações sobre a caracterização das empresas visitadas.

Categoria induzida	Categoria espontânea	Nº	Frequências de declarações		
			% na categoria induzida	% no tema organização e racionalização	
Sistema de produção da empresa	Programação	16	67%	28%	
	Lay-out	8	33%	14%	42%
Tipos de produtos da empresa	Especificação	13	57%	22%	
	Geometria/porte	10	43%	18%	42%
Tipos de DFPs	Concepção adotada	10	100%	18%	18%
Total		57		100%	

Fonte: Primária.

Os detalhes das 57 declarações, juntamente com as observações feitas durante as visitas às empresas, estão sintetizados na Tabela 1, apresentada na seção 4.8.

4.11 Considerações finais

Da análise feita e exposta na seção anterior, foi possível concluir que as 11 empresas pesquisadas neste trabalho não praticam o gerenciamento dos seus SFPs de uma forma sistematizada, sendo a causa principal dessa situação a falta de uma metodologia orientativa a ser seguida numa decisão de estratégia gerencial. Tomando por base a escassa disponibilidade desse tema na literatura, estima-se que a situação estende-se à grande maioria das empresas do setor metal-mecânico do Brasil e, possivelmente, do mundo.

De maneira geral, na área de SFPs das empresas, predomina a ocorrência de procedimentos gerenciais já obsoletos em face dos modernos sistemas de fabricação por processos de usinagem, seja por motivo de desatualização, seja por negligência, incompetência, ou por simples descaso das empresas. Em qualquer desses casos, tem-se uma condição propícia a gerar incompatibilidades e distúrbios no fluxo produtivo, com conseqüências ameaçadoras à competitividade das empresas envolvidas. Essa situação é inerente a todo o ciclo de vida dos DFPs, ou seja, desde o seu planejamento até o seu descarte, passando por outras funções não menos importantes do gerenciamento de

SFPs, como a montagem, a padronização, os sistemas de classificação e codificação, o tratamento das informações e o controle, entre outras já analisadas anteriormente. Considera-se, assim, que qualquer iniciativa de gerenciamento sistematizado de SFPs deve ser, em primeiro plano, abrangente e representativa de todas as suas funções.

Está evidenciado que a solução para a problemática do gerenciamento de SFPs ainda não se instalou nas empresas e que a iniciativa para isso ainda não se consolidou como uma prioridade nos seus planos de ação. No entanto, essas empresas, de uma forma ou de outra, têm resolvido os seus problemas da área de SFPs, ainda que a tempos e custos que, se ainda não foram considerados de importância vital para a manutenção de seu nível competitivo, podem estar na eminência de sê-lo.

Por um lado, os procedimentos técnicos e administrativos adotados pelas empresas para com os DFPs e seus componentes de fixação são, via de regra, casuais e isolados, conforme constatação feita neste trabalho de pesquisa, o que não garante nenhuma segurança técnica, logística ou estratégica; por outro, as empresas reconhecem a importância de questões fundamentais para o gerenciamento de SFPs, como o uso da informação e da informatização na área, a sua organização e racionalização, as necessidades de padronização e de modularidade, entre outras destacadas durante a análise anteriormente relatada. Esse é um alentador indício da receptividade da implantação de métodos sistemáticos de gerenciamento de SFPs nas organizações.

A grande quantidade e a diversidade de informações sobre os procedimentos gerenciais na área de SFPs devem-se, por um lado, à variedade de tipos de DFPs e de arranjos produtivos entre as empresas do setor metal-mecânico e, por outro, à inconsistência dos procedimentos adotados nos SFPs dessas.

Com base no panorama revelado nesta pesquisa qualitativa, considera-se que a sistematização de um gerenciamento abrangente para a área de SFPs requer o desenvolvimento de uma metodologia ancorada nos seguintes aspectos fundamentais:

- preservação da identidade funcional da empresa e das suas características produtivas associadas com os seus SFPs;
- embasamento nos princípios da padronização e da modularidade;
- agrupamento dos diversos SFPs em tipos característicos de sua aplicação, tomando-se por base a similaridade dos sistemas de produção;
- organização das entidades físicas e das informações na área de SFPs;

- representação dos componentes de fixação como itens individualizados e devidamente identificados por dados e informações;
- aplicação de um sistema informatizado de gerenciamento de banco de dados em nível de empresa.

Embora de origem e de aplicação típicas das áreas do conhecimento da saúde, social ou filosófica, a pesquisa qualitativa representa um importante instrumento exploratório na área do conhecimento tecnológico, especialmente quando os desenvolvimentos científicos carecem de informações, de fundamentos, e as referências bibliográficas são escassas ou inexistentes. No caso particular deste trabalho, com o qual se buscam informações sobre o gerenciamento de SFPs em prática nas empresas, até então esparsas e vagas no campo científico-tecnológico, a pesquisa qualitativa não só revelou o panorama real na área, como forneceu muitos subsídios para o desenvolvimento de uma sistemática de gerenciamento. Tais subsídios são expressos por um conjunto significativo de conhecimentos, opiniões, críticas e sugestões; são originários do próprio usuário, considerando-se, portanto, que têm significativa representatividade para a formulação de um modelo de metodologia sistematizada de gerenciamento de SFPs.

Adicionalmente, com base na investigação realizada, considera-se que a pesquisa qualitativa, com seus métodos e técnicas, oferece um expressivo potencial de contribuição para a solução de problemas emergentes e modelações pertinentes aos campos de aplicação da Engenharia Mecânica e da Engenharia de Produção.

CAPÍTULO 5

PADRONIZAÇÃO E MODULARIDADE: ELEMENTOS DE REFERÊNCIA PARA O GERENCIAMENTO DE SFPs

5.1 O gerenciamento de SFPs

Conforme definição apresentada na introdução deste trabalho, o gerenciamento de SFPs constitui-se por ações que visam à redução de custos envolvidos com os SSFPs e ao aumento da produtividade dos processos de fabricação por usinagem. Portanto, o gerenciamento é efetivo quando permite disponibilizar os DFP no processo produtivo ao menor custo possível, em tempo certo, na máquina certa e em perfeitas condições de uso.

Os custos mencionados englobam todas as etapas do ciclo de vida dos SSFPs da empresa, ou seja, desde a aquisição até o descarte, podendo ser divididos em custos diretos e indiretos. Os custos diretos estão relacionados com as atividades de projeto, construção, compra, estoque e manutenção; os indiretos representam os gastos com a montagem, o transporte, a procura por componentes, a disponibilidade e o controle. Por outro lado, a produtividade dos processos de fabricação depende do tempo de *set-up*, da operacionalização e do índice de retrabalho de peças motivado pelos DFPs. Percebe-se, portanto, que é necessário um gerenciamento eficaz e abrangente no âmbito de empresa, o qual requer planejamento técnico, logístico, estratégico e econômico.

No planejamento técnico, são consideradas as informações relativas à peça, ao processo, à máquina e ao sistema de produção. Tais informações irão compor o conjunto de especificações técnicas para efetivar a seleção do SSFP ou, mais especificamente, do DFP, o seu projeto, construção ou aquisição, manutenção e controle de qualidade. As considerações de planejamento logístico correspondem aos recursos físicos e humanos referentes ao armazenamento, transporte e montagem, de maneira a disponibilizar os DFPs e os componentes de fixação nas condições requeridas e necessárias. As considerações de planejamento estratégico correspondem às diretrizes para tomadas de decisão que irão definir a filosofia e os recursos funcionais da empresa para o seu SFP, sendo fortemente respaldadas por

uma análise econômica. Entre essas diretrizes, destacam-se a padronização e a terceirização da fabricação dos DFPs, a capacidade do SFP da empresa e o seu *layout* funcional.

O fato de o gerenciamento de SFPs abranger os três níveis de planejamento relatados implica uma grande quantidade de informações a serem tratadas, denotando, portanto, a sua complexidade. Isso, por si só, já justificaria a necessidade de sistematização de procedimentos na área de SFPs para que sejam atingidos os objetivos de um gerenciamento eficiente. Porém, essa necessidade fica ainda mais evidente pela inexistência de gerenciamento sistemático de SFPs nas empresas e pela variedade de fatores envolvidos na problemática dos SFPs, conforme os resultados da pesquisa de campo apresentados no capítulo 4 e justificativas contidas no capítulo 1.

5.2 Sistematização do gerenciamento de SFPs

A sistematização do gerenciamento de SFPs implica o estabelecimento de uma seqüência lógica e ordenada de etapas para efetivar adequadamente as tarefas técnicas e administrativas relacionadas com SSFPs. O termo *adequadamente*, nesse caso, significa a reunião dos objetivos e dos benefícios da sistematização, com destaque para os seguintes: racionalização e organização das tarefas, facilidade e agilização no agrupamento e tratamento das informações, minimização de erros procedurais, possibilidade de utilização do computador e de automatização dos procedimentos.

Como a sistematização visa à orientação lógica do desenvolvimento das tarefas, requer que os meios e os recursos utilizados estejam previamente determinados, de maneira que não sofram interferências aleatórias ou necessitem de improvisações. Portanto, devem-se ter constantemente presentes os princípios de similaridade e de regularidade nas arquiteturas físicas e funcionais dos DFPs individuais ou dos SSFPs utilizados na empresa, bem como a minimização dos conflitos entre as informações e as entidades físicas envolvidas. Assim, ficam asseguradas as condições de repetibilidade e de previsibilidade, fundamentais no gerenciamento de SFPs e que são obtidas através da padronização.

Portanto, conclui-se que a padronização na área de SFPs constitui-se no requisito básico para a sistematização e, assim, para um gerenciamento eficiente. É oportuno, aqui, lembrar a afirmação de Kienzle (Pahl & Beitz, 1996) de que

“padronização...é uma forma de otimização técnica e econômica limitada pelo fator tempo”. Portanto, a sistematização do gerenciamento de SFPs em uma empresa passa por uma decisão de planejamento estratégico voltada para a padronização dos DFPs e de seus componentes, bem como dos seus recursos técnicos e administrativos.

5.3 Padronização e gerenciamento de SFPs

A padronização nos SFPs das empresas, no seu aspecto mais genérico, pode ser caracterizada pelo seu tipo e pela sua consistência.

Quanto ao tipo de padronização, esta pode ser dividida em básica e especial. A padronização básica consiste no uso de padrões genéricos em elementos multifuncionais específicos dos SSFPs, geralmente formulados por entidades normativas internacionais. Tais padrões têm aplicação ampla no âmbito da empresa. Como exemplos típicos de padronização básica em SSFPs têm-se: rosca métrica M12x1,25 em parafuso de aperto manual; escalonamentos dimensionais em série R10 de números normalizados para elementos intermediários de unidade de fixação e tolerância de ajuste 20g7 para pino de posicionamento de 20 mm de diâmetro nominal. Nesses exemplos, os padrões básicos estão representados pelas normas ABNT NB97, DIN 323 e ISO R-286, respectivamente. Por outro lado, a padronização especial consiste na aplicação de padrões específicos em SSFPs genéricos, normalmente desenvolvida no âmbito de empresa. Tais padrões regulamentam o projeto, a aquisição e o uso dos DFPs. Alguns exemplos de padrões que compõem a padronização especial são os seguintes: classificação, tipos, dimensões, qualidade, materiais, operações, montagem, transporte, manutenção, controle, testes, recebimento e segurança. Assim, sob o ponto de vista do gerenciamento de SFPs, a padronização especial forma a sua estrutura e os padrões especiais são as suas diretrizes; portanto, a padronização especial é uma questão fundamental para o gerenciamento de SFPs. Em complemento, a padronização básica representa a racionalização desse gerenciamento, e os padrões básicos compõem os recursos para essa racionalização.

Existem três níveis de consistência para a padronização especial que influem no gerenciamento de SFPs. Determinada pela quantidade e pelo grau de detalhamento dos padrões utilizados, a consistência da padronização pode se dar em

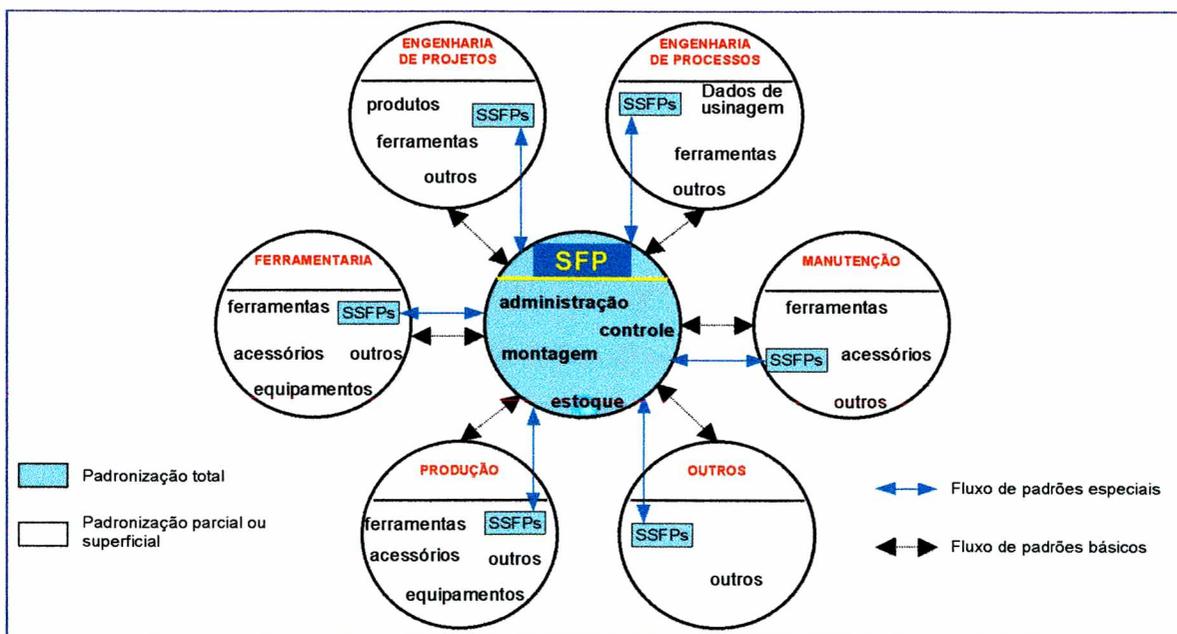
nível total, parcial ou superficial. No primeiro caso, são considerados todos os padrões possíveis com elevado grau de detalhamento; na padronização parcial, embora não sejam utilizados todos os padrões possíveis, ainda é mantida uma quantidade significativa destes com um elevado grau de detalhamento, ou, então, todos os padrões são utilizados em um baixo grau de detalhamento; na padronização superficial, a quantidade de padrões utilizada é baixa, independentemente de apresentar alto ou baixo graus de detalhamento.

Em nível de empresa, quanto mais consistente for a padronização, maior será a facilidade de sistematizar o seu gerenciamento e, portanto, maior será também a sua eficiência. Por outro lado, uma padronização muito consistente aumenta a complexidade das alterações administrativas e diminui a flexibilidade de novos desenvolvimentos técnicos. Assim, a padronização total raramente se aplica em nível de empresa, na qual muitos fatores estão envolvidos, mas é viável no âmbito setorial, em que as funções, os recursos e as informações estão direcionados e, portanto, limitam-se a volumes factíveis de padronização. Com base nisso, e como o SFP representa um setor da empresa, é viável desenvolver uma padronização de consistência elevada, muito próxima da total, para, então, obter uma sistemática de gerenciamento eficiente para esse setor. Cabe salientar que, embora a padronização total no setor de SFP deva ser uma meta, ela não pode ser uma imposição para o gerenciamento. Isso porque, dependendo das características de cada empresa em relação ao seu SFP, a criatividade pode ser imprescindível nas fases de planejamento e montagem e, nesse caso, a persistência de alguns padrões poderia restringir demasiadamente o espectro de soluções possíveis.

Para assegurar a assimilação da sistemática de gerenciamento do SFP em implantação na empresa e a sua funcionalidade posterior, é necessário que exista compatibilidade técnica e funcional entre os setores envolvidos, ou seja, os padrões especiais do SFP devem ser compatíveis com os padrões especiais de outros setores, como máquinas-ferramenta, processos de usinagem, projetos e todos os demais que compartilham recursos ou informações de SSFPs. Como exemplos desses padrões, podem ser citados os seguintes: dimensões da máquina (mesa ou mandril), condições de usinagem (planos de processo, forças de corte) e documentação técnica (desenhos técnicos ou CAD). Portanto, para que o gerenciamento do SFP não apresente problemas de conflito de padrões e, conseqüentemente, possa ser sistematizado, o desenvolvimento da padronização deve ocorrer de forma gradativa e seqüencial, de maneira que cada etapa represente a implantação de um novo padrão, e esse só se

efetive após esgotadas todas as possibilidades de compatibilização com os padrões do mesmo tipo em todos os setores com os quais ele interage. Em outras palavras, a padronização do SFP deve partir do nível de consistência superficial e progredir, gradativamente, em direção à padronização total, considerando, em cada estágio, os padrões adotados pela empresa. Para facilitar uma padronização gradativa e seqüencial, devem ser considerados, inicialmente, os padrões técnicos de planejamento e projeto, como tipos, dimensões, princípios de funcionamento, material e montagem. Em segundo lugar, consideram-se os padrões funcionais administrativos, como operação, segurança, transporte, armazenamento, manutenção e controle.

A sistematização do gerenciamento do SFP de uma empresa requer, entre outros requisitos já mencionados, a unificação dos procedimentos técnicos e administrativos envolvidos com os diversos SSFPs nela utilizados. Isso significa que tanto a padronização básica quanto a especial devem ser adotadas igualmente em todos os SSFPs, independentemente da concepção de DFP ou das variantes de um mesmo SSFP. Assim, por exemplo, ficam inalterados os padrões de rosca, tolerância, dimensões, classificação, montagem, etc. Por sua vez, a viabilidade dessa unificação está diretamente vinculada à consistência da padronização dos SSFPs no âmbito da empresa, considerando os diversos setores que têm algum vínculo com o SFP desta. Isso implica padronização especial e básica em nível de consistência total, tanto no próprio SFP da empresa quanto em partes de setores afins que representam tarefas envolvendo SSFPs, conforme esquematizado na Figura 4.



Fonte: Primária.

Figura 4 - Padronização de SSFPs no âmbito da empresa.

Nessas condições, o elevado nível de padronização do setor denominado SFP é desencadeado para os seus setores interativos, que adotam os respectivos padrões básicos e especiais sempre que ocorre a troca de informações.

Do ponto de vista do gerenciamento de SFPs no âmbito de empresa, é suficiente a padronização total apenas nos locais por onde transitam informações e materiais relativos aos SSFPs. Porém, a padronização de consistência total aplicada em todos os setores da empresa facilita o gerenciamento, sobretudo pela implantação de padrões básicos, e deve, por isso, ser uma meta da empresa.

A padronização é uma característica intrínseca da modularidade, todavia o oposto não é necessariamente verdadeiro; portanto, os SSFPs Modulares já são padronizados de alguma forma. Por sua vez, no que se refere aos SSFPs Dedicados, não é comum, na prática das empresas, que o projeto dos DFPs individuais leve em consideração a padronização e a modularidade, conforme constatação feita na pesquisa realizada para fundamentação deste trabalho e apresentada no capítulo 4. Assim, torna-se necessário aplicar os princípios de padronização e da modularização no projeto dos DFPs Dedicados, caso contrário, será inviável uma sistemática de gerenciamento de SFPs abrangente.

5.4 Modularidade e gerenciamento de SFPs

De acordo com o que foi exposto anteriormente, a padronização consistente é fundamental para sistematizar e, assim, viabilizar o gerenciamento de SFPs, ao mesmo tempo em que limita a sua flexibilidade. Depara-se, assim, com uma situação antagônica com relação às necessidades do gerenciamento de SFPs em ambientes de fabricação flexíveis, ou seja, a padronização dos SSFPs, em princípio, seria incompatível com a sua flexibilidade e, conseqüentemente, a sistematização do gerenciamento de SFPs seria inviável em sistemas de fabricação modernos.

Esse antagonismo entre padronização e flexibilidade pode, entretanto, ser desfeito pela aplicação da filosofia de modularidade na concepção dos SSFPs, o que envolve desde adquirir SSFPs Modulares disponíveis no mercado até desenvolver o projeto modular, sendo a opção de escolha regida por análises técnica e econômica. O importante, para iniciar o gerenciamento, é que as entidades físicas que compõem o SFP da empresa sejam módulos padronizados. Gera-se, assim, a possibilidade de

combinação e intercambiabilidade de componentes modulares padronizados de SSFPs, permitindo a diversificação de funções e de soluções, cujo resultado é a obtenção da flexibilidade compartilhada com a padronização.

Outro importante benefício da modularidade que influi diretamente no gerenciamento de SFPs, além da padronização, é a racionalização das atividades e a redução da diversificação da quantidade de componentes de fixação, que podem ser representadas pelas seguintes vantagens principais dos SSFPs Modulares sobre os Não Modulares:

- facilidade de discretização e de identificação dos componentes ;
- adequação à estruturação de classes e de códigos;
- conveniência para uso de computadores;
- facilidade de monitoramento e de controle;
- acessibilidade de documentação e de informações técnicas;
- simplificação do planejamento e da montagem;
- redução do *set-up* em novos lotes de peças;
- redução de estoque;
- adaptabilidade às alterações fabris;
- redução de tarefas e recursos de fabricação e manutenção;
- redução do fluxo de informações técnicas na fábrica;
- agilização e aumento da confiabilidade na compra.

Do exposto, conclui-se que a modularidade e a padronização são requisitos fundamentais para o gerenciamento de SFPs nas empresas. A padronização atua no sentido de viabilizar uma sistemática de gerenciamento, conforme mencionado na seção anterior, ao passo que a modularidade minimiza a complexidade de desenvolvimento dos padrões especiais, possibilitando uma padronização mais consistente e, portanto, um gerenciamento mais eficiente. Além disso, a modularidade flexibiliza a aplicação de SSFPs padronizados, ampliando o campo de abrangência da referida sistemática. Em síntese, quanto maiores forem os índices de modularidade e de padronização nos SFPs, maior será a facilidade para o seu gerenciamento e maior também será a abrangência da sistemática usada para essa finalidade. Porém, tanto os SSFPs Modulares quanto os Dedicados são necessários nos sistemas produtivos em geral, ao mesmo tempo em que seria um contra-senso adotar ou desenvolver uma sistemática para cada caso. Cabe, então, gerar as condições para a aplicação de procedimentos unificados e sistematizados de gerenciamento de SFPs. Tais condições

são obtidas com base nas premissas de racionalização e organização da área de SFPs, contemplando as seguintes ações:

- ampliação do campo de aplicação dos SSFPs Modulares;
- modularização dos SSFPs Dedicados;
- padronização consistente e abrangente na área de SFPs.

5.4.1 Ampliação do campo de aplicação dos SSFPs Modulares

A ampliação do campo de aplicação dos SSFPs Modulares consiste em adotar ou intensificar a utilização da filosofia e dos recursos físicos desses sistemas, em que eram usados exclusivamente ou, predominantemente, DFPs Dedicados. Essa ampliação é obtida pela efetivação dos seguintes procedimentos:

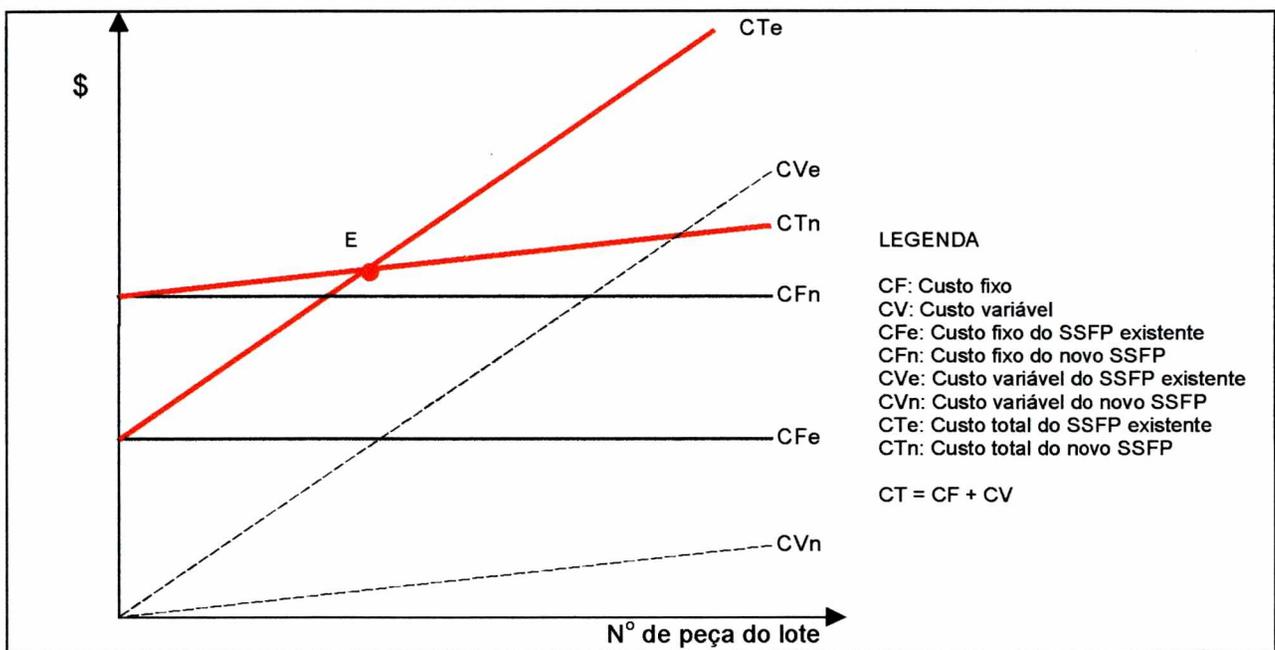
- análise de viabilidade econômica para estruturação da área de SFPs;
- utilização de componentes dedicados em SSFPs Modulares;
- racionalização dos SSFPs Modulares através da orientação à produção.

5.4.1.1 Análise de viabilidade econômica para estruturação da área de SFPs

Sempre que se pretende adotar um novo DFP na produção, é fundamental fazer a análise prévia de sua viabilidade técnico-econômica, ou seja, determinar a relação custo/benefício dessa implantação com base nos dados da produção. O detalhamento dos métodos dessa análise de custos, com os respectivos formulários, está disponível em ampla literatura de Engenharia Econômica e suficientemente apresentado em literatura específica (Boyes, 1985; Fronober et alii, 1984; Boyes, 1989; Carr Lane, 1991; Hoffman et alii, 1991e Beard, 1991), nas quais se referencia o desenvolvimento a seguir.

Nessa análise de viabilidade, são considerados os custos diretos dos SSFPs, que são os custos que estão clara e diretamente relacionados com a aquisição desses ou com o uso dos DFPs na produção. Por outro lado, os custos indiretos são aqueles independentes das condições de obtenção e uso e que não podem ser diretamente identificados com os SSFPs. Portanto, somente os custos diretos são de interesse ou têm efeito para a análise econômica em questão. Para efeito de exemplificação, os

custos diretos incluem os investimentos e as despesas com salário de pessoal diretamente envolvido com os SSFPs, bem como os custos com materiais destinados à construção de DFPs. Os custos diretos podem ser fixos ou variáveis. São considerados fixos, quando não apresentam dependência das condições de uso e dos resultados da produção, ao contrário dos custos variáveis, que são determinados a partir da parcela do custo unitário das peças produzidas e resultantes do desempenho do DFP no processo produtivo. Os gastos na aquisição, no projeto, na construção e na manutenção dos DFPs são exemplos de custos fixos; já as despesas de montagem e transporte representam custos variáveis. Sobre os custos variáveis incidem o efeito do tamanho do lote de peças a serem fixadas e a produtividade de fixação, de maneira que resulta um comportamento de custo total (fixo + variável) para cada opção de SSFP, conforme está esquematizado na Figura 5.



Fonte: Primária.

Figura 5 - Comportamento de custos para duas opções de SSFPs.

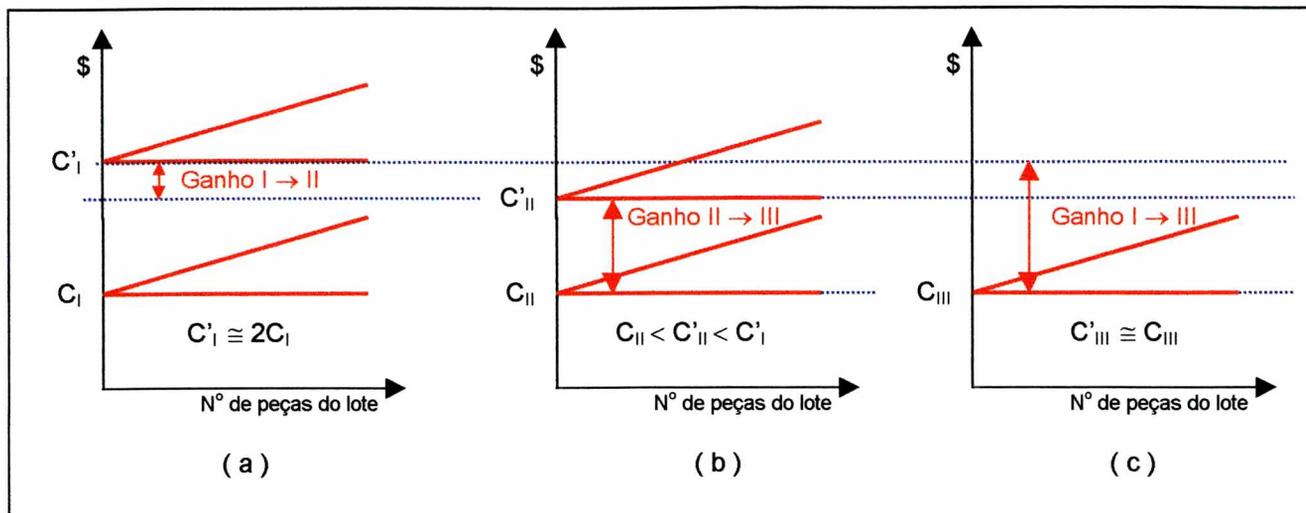
Observa-se, na Figura 5, que o ponto E no cruzamento das retas de custo total representa a condição de indiferença econômica entre os dois SSFPs, sendo, portanto, a referência para tomada de decisão sobre a viabilidade de adotar o novo SSFP. É oportuno colocar que o valor do custo fixo C_{Fe} é nulo quando o custo do SSFP está amortizado; nesse caso, a reta CTe inicia-se na origem do gráfico.

Normalmente, os SSFPs de maior custo fixo apresentam menor custo variável, caso contrário não justificariam o investimento, a não ser que outros requisitos como precisão e segurança fossem prioritários. Isso significa que os gastos com reprojeto, manufatura, novos materiais e acessórios, visando à otimização do SSFP, proporcionam ganhos de produtividade que passam a compensar o investimento inicial e, a partir de um determinado número de peças a serem fixadas, esse SSFP passa a ser economicamente vantajoso. Essa situação está representada na Figura 3 pelo posicionamento das retas de custo fixo e pela inclinação e cruzamento das retas de custo variável. Obviamente, não só a otimização do SSFP representa aumento do custo fixo e deslocamento do ponto E de indiferença econômica, mas também a troca de DFP ou de seus componentes em virtude da substituição do lote de peças.

Assim, e com auxílio da Figura 5, pode-se avaliar a importância econômica e tecnológica da modularidade e da padronização dos SSFPs, com fundamento na sua característica comum de proporcionar a intercambiabilidade de componentes. Para isso, consideram-se três níveis de intercambiabilidade possíveis em SSFPs, independentemente do tipo e dimensão das peças a serem fixadas :

- Nível I - Intercambiabilidade nula: Quando todos os componentes do SSFP são descartáveis após a primeira utilização. Nesse caso, a modularidade e a padronização estão ausentes;
- Nível II - Intercambiabilidade parcial: Quando parte dos componentes do SSFP são reutilizáveis. A modularidade e a padronização são parciais;
- Nível III - Intercambiabilidade total: Quando todos os componentes do SFP são reutilizáveis. A modularidade é completa e a padronização é elevada.

Para cada um dos três níveis de intercambiabilidade, os gráficos da Figura 6 esquematizam o incremento acumulado do custo fixo em SSFPs envolvido na troca de um lote de peças. Nesse caso, considera-se que a substituição do SSFP não incorpora nenhuma ação de otimização e que os recursos do sistema de produção não são alterados; assim, os custos variáveis em cada nível mantêm-se praticamente inalterados com a troca de SSFP, o que está representado pelo paralelismo das retas inclinadas de cada gráfico da Figura 6.



Fonte: Primária.

Figura 6 - Incrementos acumulados e ganhos de custos fixos na troca de SSFP.

(a) Nível I ; (b) Nível II ; (c) Nível III.

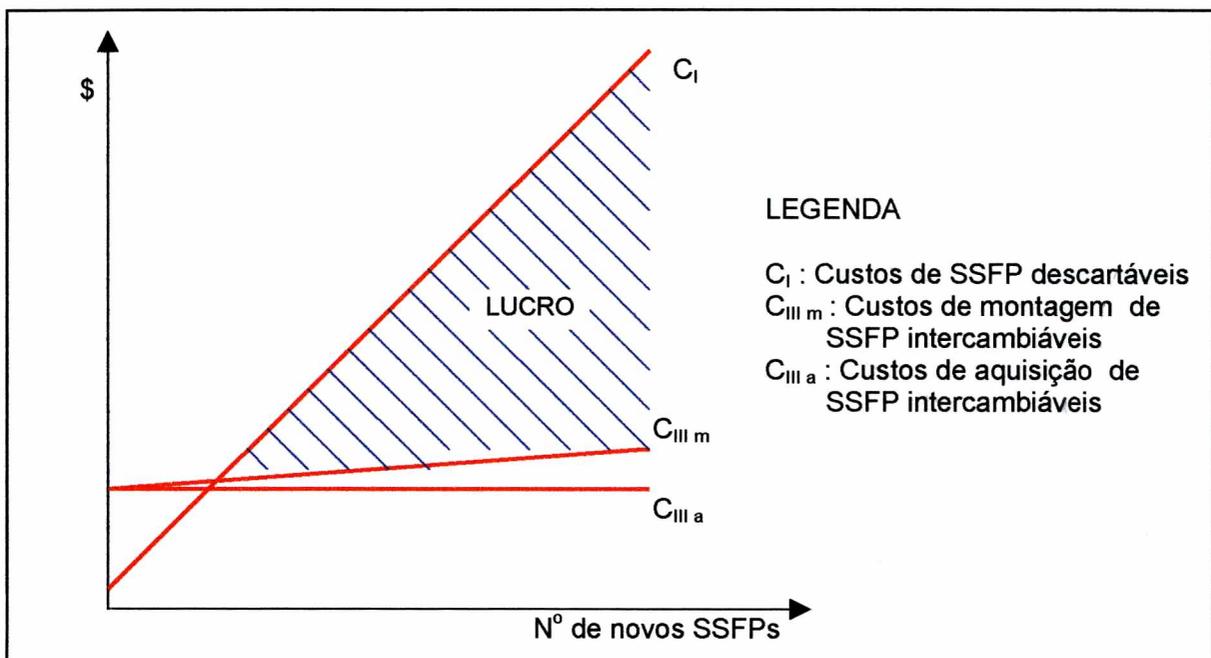
Observa-se, na Figura 6(a), que a troca de um SSFP sem componentes intercambiáveis por outro de função semelhante implica um investimento de, aproximadamente, 100% do custo fixo do SSFP substituído. Isso se deve à necessidade de desenvolvimento de um novo projeto completo, incluindo aquisição, construção e montagem de todos os componentes do novo SSFP. Entretanto, e a rigor, uma pequena fração de custo fixo pode ser economizada caso sejam aproveitados a documentação e o conhecimento adquirido no desenvolvimento do SSFP em substituição. Porém, como o procedimento se aplica igualmente aos três casos em questão, essa pequena economia pode ser desconsiderada na análise comparativa.

O comportamento de custo mostrado no gráfico da Figura 6(b) indica que, quando alguns componentes são reaproveitados, o investimento inicial para o novo SSFP não chega a ser duplicado, como no caso anterior. Ou seja, existe uma redução de custo fixo causada pelo reaproveitamento de componentes intercambiáveis sobre os quais, obviamente, não mais incidirão custos de projeto, construção e material.

Por fim, o gráfico da Figura 6(c) indica que a substituição de um SSFP com componentes exclusivamente intercambiáveis não acarreta aumento significativo de custo fixo. Aliás, esse pode ser desprezível se comparado com o custo do investimento inicial.

Comparando as três situações da Figura 6, verifica-se um ganho crescente de custo fixo à medida que aumenta a quantidade de componentes intercambiáveis. Em outras palavras, a economia em SSFP aumenta proporcionalmente ao nível de modularidade e de padronização dos seus componentes.

Tomando os dois níveis extremos de intercambiabilidade, isto é, o nível I e o nível III, pode-se fazer uma projeção do comportamento de custos fixos em relação ao aumento da frequência de troca de SSFP. Esse comportamento está mostrado na Figura 7, na qual se constata que o crescimento dos custos relativos aos SSFPs descartáveis ocorre a uma taxa superior àqueles concebidos com componentes intercambiáveis. A diferença resultante desse comportamento representa o lucro originado pela intercambiabilidade, ou seja, pela modularidade e padronização.



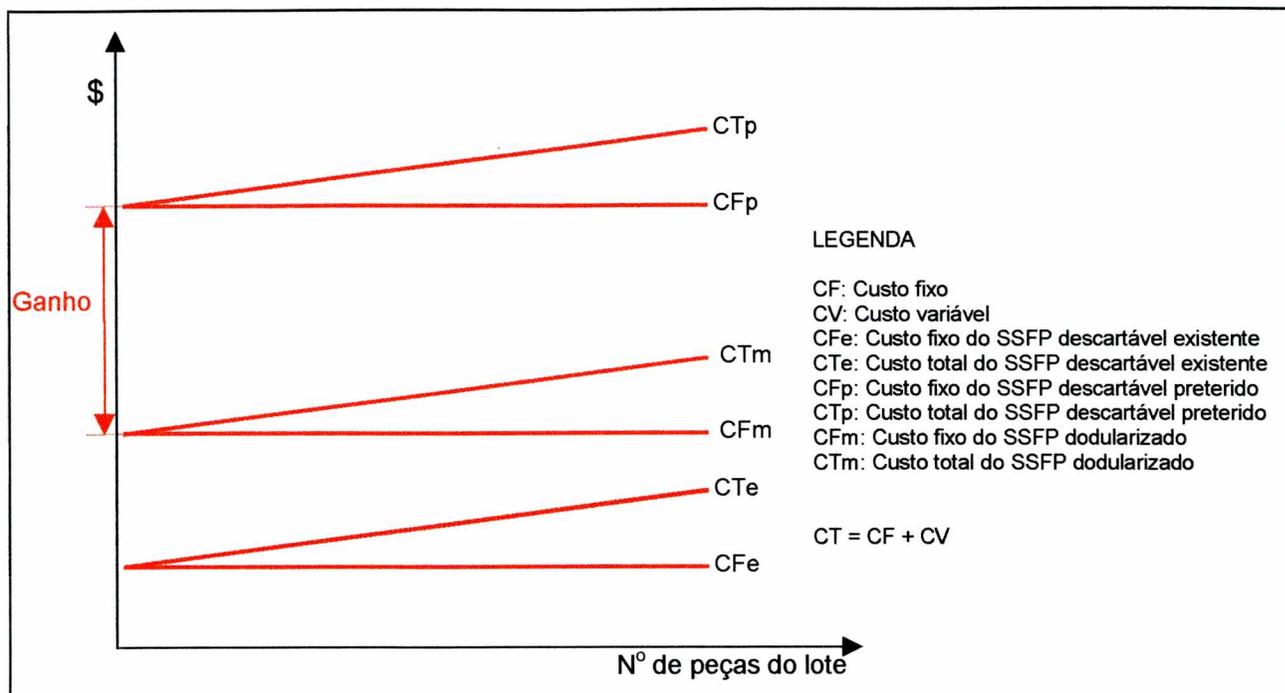
Fonte: Beard, 1991.

Figura 7 - Evolução dos custos de SSFPs com a troca de lotes de peças.

Pela Figura 7 fica evidenciada, também, a suprema importância de se aplicar a modularidade e a padronização na fixação de peças produzidas em ambientes de fabricação flexível.

Não só pela substituição completa do SSFP podem ser obtidos os benefícios econômicos da modularidade e padronização, mas também pelo aumento do nível de intercambiabilidade de componentes em um mesmo SSFP. Para isso, é necessário efetuar um projeto que contemple a modularização gradativa dos SSFP ou DFPs Dedicados. O comportamento de custos dessa situação, ou seja, da modularização

dos SSFPs ou DFPs Dedicados, está esquematizado na Figura 8, na qual se observa o ganho econômico em termos de custo fixo.



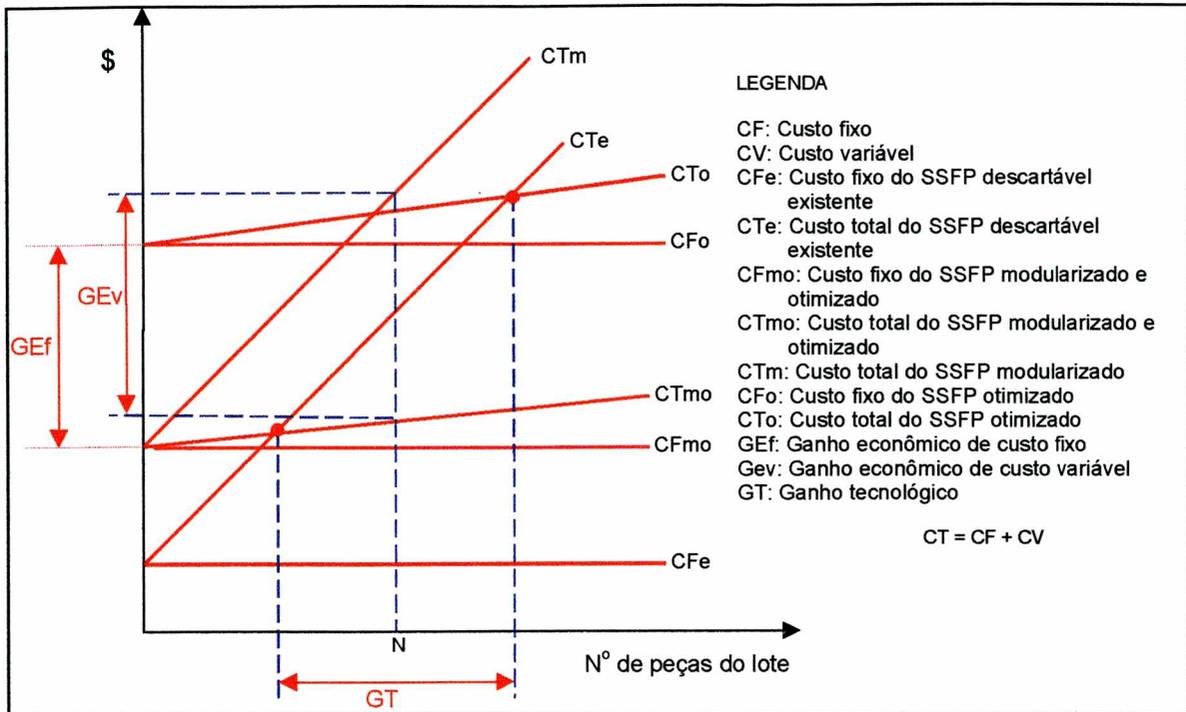
Fonte: Primária.

Figura 8 - Ganho econômico com a modularização.

O ganho mencionado na figura é resultante do reaproveitamento de componentes transformados ou substituídos em um SSFP originalmente descartável, durante uma troca de lotes de peças na produção e o conseqüente desenvolvimento de um novo SSFP. Este, por sua vez, substitui um SSFP inteiramente descartável que supostamente seria usado, mas que foi preterido na sua forma original.

Conforme já foi mencionado, a otimização do SSFP está associada a ganhos de produtividade e, por conseqüência, a uma redução dos custos variáveis. Portanto, um SSFP que combina recursos de modularização e de otimização pode fornecer ganhos tecnológicos, além dos econômicos, conforme ilustrado na Figura 9.

Observa-se, no gráfico esquemático da Figura 9, que um SSFP que foi parcialmente modularizado fornece um ganho econômico de custo fixo representado por GEf. O mesmo SSFP, após ser reprojetoado e, por conseqüência, otimizado, contribui com um ganho econômico adicional, agora de custo variável, equivalente a GEv para um lote de peças de tamanho N. Observa-se também um ganho tecnológico GT, originado da combinação da modularização com a otimização.



Fonte: Primária.

Figura 9 - Ganhos com a modularização e com a otimização dos SSFPs.

Enquanto os ganhos econômicos representam o lucro obtido com os SSFPs, os ganhos tecnológicos indicam a sua flexibilização pela ampliação da faixa de aplicação econômica. Quanto maiores forem os investimentos na otimização do SSFP e a produtividade alcançada, maiores serão esses ganhos.

Como síntese do que foi exposto nesta seção, pode-se afirmar que a filosofia de modularidade e padronização de SSFPs proporciona condições para a redução dos custos da produção com ganhos tecnológicos, ambos fundamentados no princípio da intercambiabilidade de componentes. Se, por um lado, essa intercambiabilidade requer alguma similaridade entre os recursos e entre os procedimentos envolvidos no ambiente produtivo onde os SSFPs estão inseridos, por outro, tem-se o universo de sistemas de fabricação que se apresenta muito abrangente, com grande diversidade de recursos e procedimentos e, muitas vezes, complexos. Assim, para que se possa viabilizar um gerenciamento sistemático e amplo de SFPs, é preciso estruturar o domínio de aplicação dos seus SSFPs. Para isso, é necessário complementar a implantação da filosofia de modularidade e padronização com as seguintes ações integradas e seqüenciais:

1. definir o perfil do sistema de produção;
2. planejar os SSFPs para o respectivo sistema de produção predefinido.

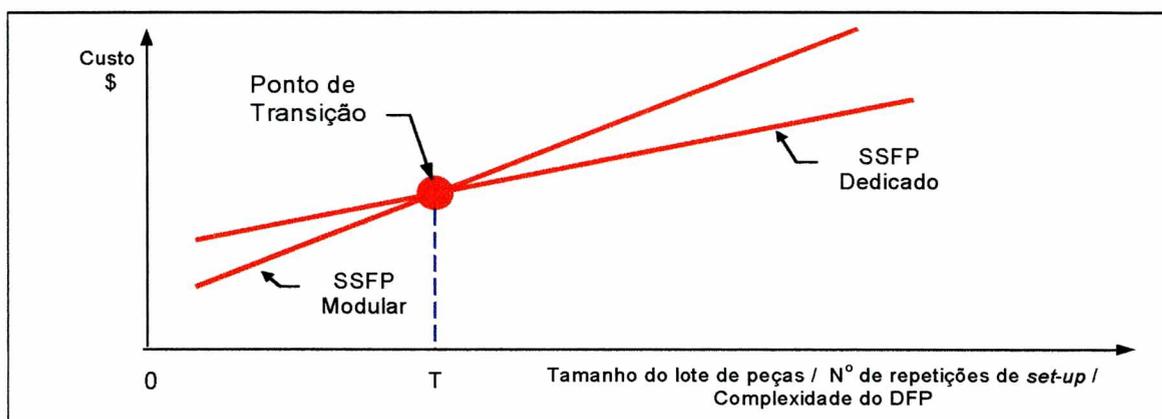
A definição do perfil do sistema de produção consiste na identificação detalhada das características da empresa e dos recursos produtivos. São, portanto, considerados, entre outros, a variedade e tipos de produtos, o *lay-out* do chão-de-fábrica, os tipos de máquinas-ferramenta, o grau de automatização da fábrica e os volumes de produção. Assim, podem ser estabelecidas as diretrizes de cada sistema de produção em análise, as quais irão enquadrá-los em tipos. Entre esses tipos ou perfis, estão os sistemas flexíveis de manufatura - FMS, as células de fabricação, a produção em série, a produção por encomenda (*workshops*) e a produção cativa em *lay-out* funcional. A rigor, essa divisão dos sistemas de produção já existe informal e naturalmente no setor metal-mecânico. No entanto, torna-se eventualmente necessário fazer algum ajuste organizacional nos sistemas de produção para que esses possam, sem ambigüidades, referenciar o planejamento e o uso apropriados dos SSFPs.

A ação de planejar os SSFPs para um sistema de produção predefinido implica a seleção e o desenvolvimento desses, com estrita orientação no perfil preestabelecido para o sistema de produção a que se destinam. Nesse caso, a seleção corresponde à escolha do tipo mais apropriado de SSFP, tomando por base as diretrizes da sua aplicação. Já o desenvolvimento significa elaborar o projeto conceitual e conceber o DFP para a respectiva aplicação sob a ótica da modularidade e da padronização.

Percebe-se que as ações descritas funcionam como um agente de agrupamento dos SSFPs em classes ou tipos intimamente identificados com os sistemas de produção onde esses estão inseridos; ao mesmo tempo, a intercambiabilidade de componentes é aumentada justamente por essa identificação. Assim, e retornando à questão da análise econômica, tem-se como resultado dessas ações uma redução do custo fixo, da mesma forma que a modularização causa um ganho econômico, conforme foi mostrado na Figura 8. O ganho econômico não é restrito a uma única classe de SSFP (Dedicados, Modulares ou Especiais) e ao seu respectivo sistema de produção, mas pode ser obtido através da intercambiabilidade de componentes das diferentes classes de SSFPs. Nesse sentido, quando uma empresa utiliza mais de um tipo de SSFP nos seus sistemas produtivos, o ganho econômico pode ser ainda maior, desde que sejam adotados devidamente os princípios da modularidade e da padronização. Outros benefícios obtidos com as ações relatadas, adicionalmente àqueles originados da modularidade e da padronização, são a organização e disciplina na área de SFPs, a facilidade de controle e a redução do número de componentes na empresa, todos esses importantes para a sistematização do gerenciamento de SFPs.

5.4.1.2 Utilização de componentes de SSFPs Dedicados em SSFPs Modulares

A análise de viabilidade econômica aplicada particularmente para os SSFPs Modulares constitui-se no referencial para ampliação do campo de aplicação desses. Essa análise fundamenta-se em equações de engenharia econômica e em diagramas empíricos destinados à seleção do tipo de SSFP, entre Modular e Dedicado, que apresenta a melhor relação custo/benefício (Boyes, 1989; Carr Lane, 1991 e Fronober et alii, 1984). Para isso, são consideradas as informações técnicas e administrativas relacionadas com o processo de fabricação, com a peça a ser fixada e com o próprio SSFP, além dos respectivos custos envolvidos. A análise, então, determina um valor quantitativo que representa o ponto de transição onde a recomendação econômica do tipo de SSFP passa de Modular para Dedicado, conforme indicado na Figura 10. A unidade de análise referente ao ponto de transição pode ser o tamanho do lote de peças, a frequência de repetição de *set-up* ou a complexidade do DFP.



Fonte: Carr Lane, 1991.

Figura 10 - Comportamento do custo na aplicação de SSFPs.

Com base no gráfico da Figura 10, correspondente à análise econômica mencionada acima, a faixa 0 - T representa a região onde os SSFPs exclusivamente Modulares são recomendados, sendo que o valor T corresponde à condição-limite dessa recomendação. No entanto, com a adição de alguns componentes de fixação dedicados ou especiais nos SSFPs exclusivamente Modulares, é possível estender esse limite, dando origem a SSFPs Modulares-Mistos. Esses novos componentes são dedicados ao atendimento de particularidades especiais ou complexas das peças e/ou dos processos de fabricação e devem possuir interfaces padronizadas, podendo, caso haja conveniência, tornar-se novos módulos de SSFPs exclusivamente Modulares.

Nesse caso, o projeto modular deve ser considerado no desenvolvimento de tais componentes.

Existem várias razões que justificam a adoção desse procedimento, com destaque para as seguintes:

- os **SSFPs ou DFPs Dedicados** são restritos a grandes lotes de peças e a requisitos muito específicos de engenharia de produto e de processo, além de, geralmente, não serem reutilizáveis;
- a combinação de componentes modulares e dedicados representa uma maior abrangência dos SSFPs a um menor custo, em virtude da reutilização dos Modulares e da possibilidade de modularização dos Dedicados;
- os **SSFPs Modulares** proporcionam tempos de *set-up* relativamente baixos, são flexíveis, padronizados e reutilizáveis;
- no paradigma da fabricação moderna, consolida-se a produção flexível em pequenos e médios lotes de peças, porém a complexidade aumenta;
- os **SSFPs Modulares** são mais compatíveis com a complexidade da tarefa de fixação de peças em processos de usinagem do que os SSFPs ou DFPs Dedicados.

5.4.1.3 Racionalização dos SSFPs Modulares através da orientação à produção

O diagnóstico das necessidades e das características dos processos de fabricação de cada empresa contribui para o planejamento racional dos SSFPs requeridos. Portanto, com base no espectro de produtos usinados e nos recursos da produção, como máquinas, ferramental e pessoal, é definido o perfil do sistema de produção e, conseqüentemente, os requisitos de SSFPs sob o ponto de vista global do sistema de produção em questão. A partir disso podem ser adotados SSFPs Modulares direcionados exclusivamente ao atendimento das funções variantes de fixação inseridas no escopo do sistema de produção diagnosticado. Assim, é possível utilizar os SSFPs exclusivamente Modulares ou Mistos em faixas de aplicação que antes eram de domínio exclusivo dos SSFPs ou DFPs Dedicados, representadas esquematicamente pela região situada à direita do ponto T na Figura 10. Para isso, são necessárias as seguintes ações:

1. adotar SSFPs exclusivamente Modulares compostos por uma quantidade reduzida de componentes, devidamente selecionados e direcionados para o atendimento das funções do sistema de produção onde serão utilizados;
2. adotar componentes de fixação dedicados nos SSFPs Modulares, de maneira que esses componentes sejam projetados para o atendimento das funções específicas do respectivo sistema de produção.

5.4.2 Modularização dos DFPs Dedicados

A modularização dos DFPs Dedicados consiste na decomposição das diferentes partes estruturais desses dispositivos em módulos padronizados que são posteriormente combinados para gerar soluções variantes de fixação, compondo um novo SSFP. Essa possibilidade de novas soluções flexibiliza o uso dos novos SSFPs Dedicados e, por conseqüência, permite a ampliação do seu campo de utilização. Assim, os SSFPs modularizados passam a se enquadrar na faixa de aplicação que antes era exclusiva dos DFPs Dedicados à fabricação de peças em lotes de tamanho médio a grande, representada na Figura 10 pelas regiões que ficam mais à direita do ponto T.

A modularização dos DFPs Dedicados pode ser completa ou parcial, dependendo de sua aplicação estar inserida, respectivamente, em sistemas de produção caracterizados por células de fabricação ou por linhas de produção, conforme está relatado a seguir.

5.4.2.1 Modularização completa dos DFPs Dedicados

A modularização é completa quando envolve todos os grupos funcionais do DFP originalmente Dedicado, ou seja, após a transformação de Dedicado para Modular, todos os componentes do novo SSFP tornam-se módulos com funções independentes. Sempre que as peças a serem fixadas puderem ser agrupadas em famílias, é possível utilizar SSFPs completamente modularizados, de maneira que as variações nas funções de fixação relacionadas com as diferenças geométricas e de processos possam ser atendidas pela combinação de módulos. Essa combinação se dá entre os módulos que são comuns a todas as peças de uma mesma família e os módulos

específicos das particularidades individuais das peças desta família. Em outras palavras, os módulos comuns são os mesmos usados para a fixação de todas as peças da mesma família, ao passo que os módulos específicos são substituídos de acordo com as diferenças entre as peças da mesma família. A rigor, e dependendo dos graus de similaridade geométrica e de processo entre as famílias de peças fabricadas na empresa, os módulos comuns podem compor SSFPs de diferentes células de fabricação ou famílias de peças. Assim, a modularização completa dos DFPs Dedicados é desenvolvida segundo a sistemática de projeto modular e orientada por família de peças. O resultado dessa modularização é a obtenção de um conjunto restrito de módulos que atendem a todas as variantes de fixação da respectiva família de peças.

5.4.2.2 Modularização parcial dos DFPs Dedicados

A modularização é parcial quando apenas alguns grupos funcionais dos DFPs Dedicados são transformados ou substituídos por módulos de funções independentes, dando origem a SSFPs Semimodulares, predominantemente Dedicados. Existem situações nas quais, em princípio, apenas os DFPs exclusivamente Dedicados seriam apropriados, como no caso de produção em série, nas operações de usinagem com elevados esforços, impactos e vibrações, ou na fabricação altamente automatizada, envolvendo DFPs com mecanismos móveis. Nessas situações, normalmente, quando um DFP Dedicado sai de uso, ele é descartado por completo, incluindo componentes tipicamente Modulares que são tratados como descartáveis. Entretanto, mesmo nessas condições, é conveniente e possível aplicar a modularização parcial para obter importantes benefícios técnicos e econômicos, com destaque para os seguintes:

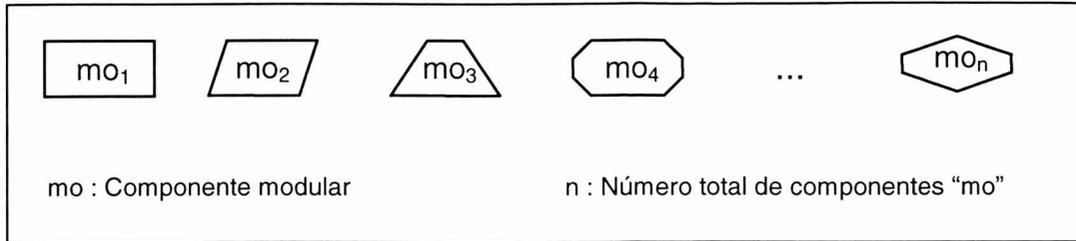
- redução de *lead-times* de projeto e de construção dos DFPs;
- possibilidade de padronização;
- redução do espaço e do custo de estoque;
- aproveitamento de componentes modulares já disponíveis no mercado;
- aproveitamento de componentes modularizados para outras aplicações na fábrica;
- redução da dependência do conhecimento e da experiência humana.

Assim, deduz-se que a transformação gradativa e limitada dos DFPs exclusivamente Dedicados para SSFPs parcialmente modularizados agiliza o planejamento e o projeto, reduz custos e facilita o gerenciamento dos SFPs. Essa transformação é efetivada através da sistemática de projeto modular (Pahl & Beitz, 1996; Erixon et alii, 1993 e Erixon et alii, 1996), aplicada sobre os componentes dos DFPs Dedicados, propícios à modularização parcial. As questões de padronização e intercambiabilidade devem ser previstas no projeto modular dos componentes em transformação, bem como nas conexões dos SSFPs com os seus novos módulos.

5.4.3 Enquadramento e abrangência dos SSFPs após a modularização

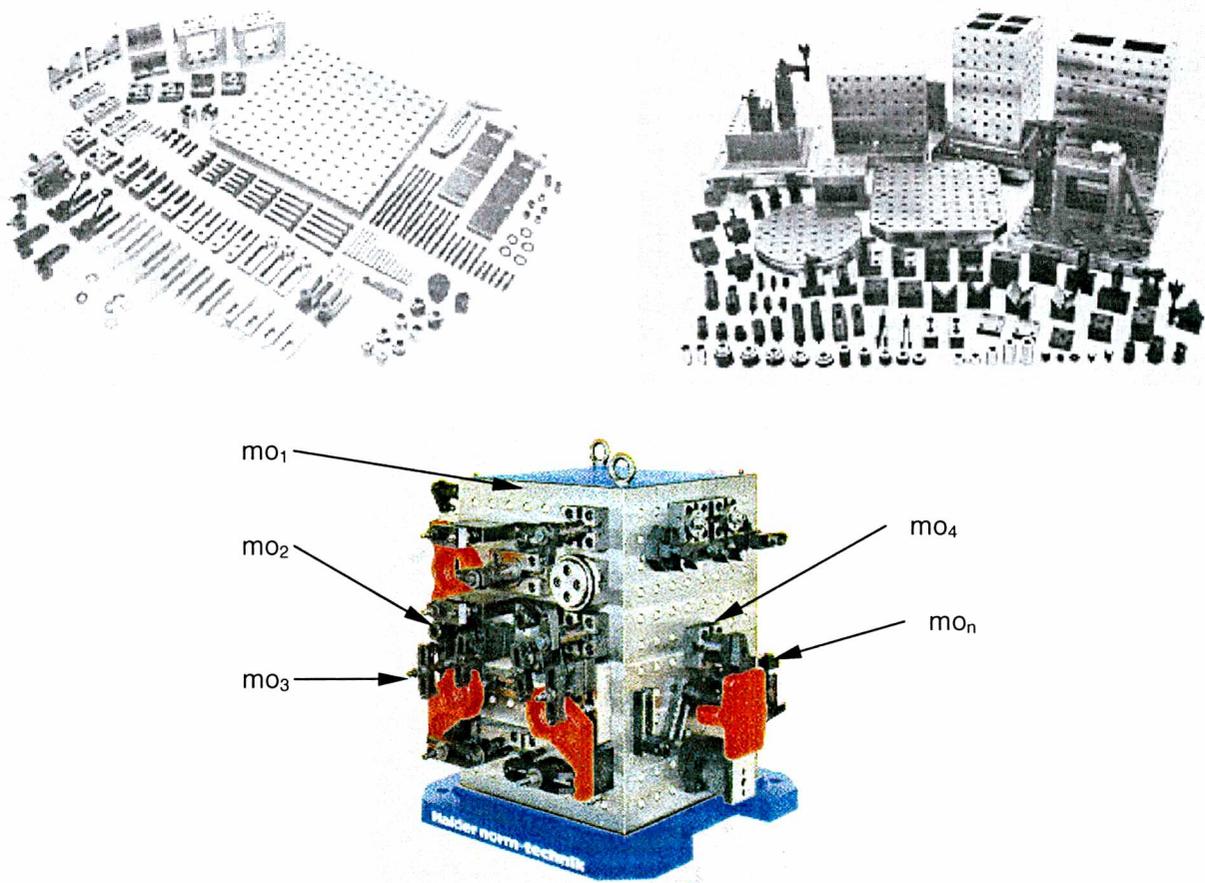
O trabalho de racionalização e organização da área de SFPs, desenvolvido através das proposições colocadas nas seções 5.4.1 e 5.4.2, direciona a aplicação dos SSFPs para campos mais específicos, ao mesmo tempo em que amplia sua faixa de uso. Surgem, assim, classes de SSFPs Modulares e de SSFPs Dedicados, baseados em critérios econômicos da aplicação, que podem ser enquadrados nos diferentes perfis dos sistemas de produção. As classes de SSFPs e suas principais características são as seguintes:

- **SSFPs Modulares-Generativos (MG):** São SSFPs exclusivamente modulares e constituídos de uma grande variedade de componentes intercambiáveis disponibilizados para "gerar" diferentes concepções de DFPs. Seus planos de montagem são orientados por função, podendo atender a uma infinidade de variantes da função global "fixar peça". São, portanto, muito flexíveis nas suas aplicações e se caracterizam também pela padronização, pelo baixo *lead-time* de desenvolvimento, pela intercambiabilidade de módulos e pela disponibilidade de componentes no mercado. Por outro lado, esses SSFPs têm uma rigidez dinâmica relativamente limitada e apresentam um custo de investimento relativamente alto. Suas aplicações restringem-se a ambientes flexíveis de fabricação, onde os lotes de peças usinadas são relativamente pequenos e a frequência de novos *set-up* é elevada. A Figura 11 esquematiza a composição dos SSFPs Modulares-Generativos, e a Figura 12 a ilustra.



Fonte: Primária.

Figura 11 - Composição esquemática dos SSFPs Modulares-Generativos.

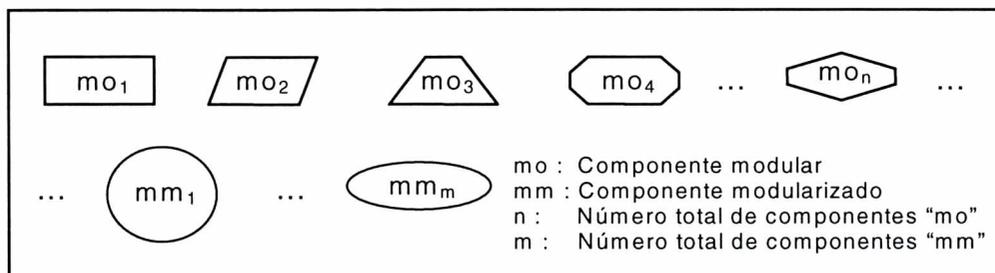


Fontes: Boyes, 1989; Carr Lane, 1995b e Erwin Halder, 1992.

Figura 12 - Exemplos de SSFPs Modulares-Generativos.

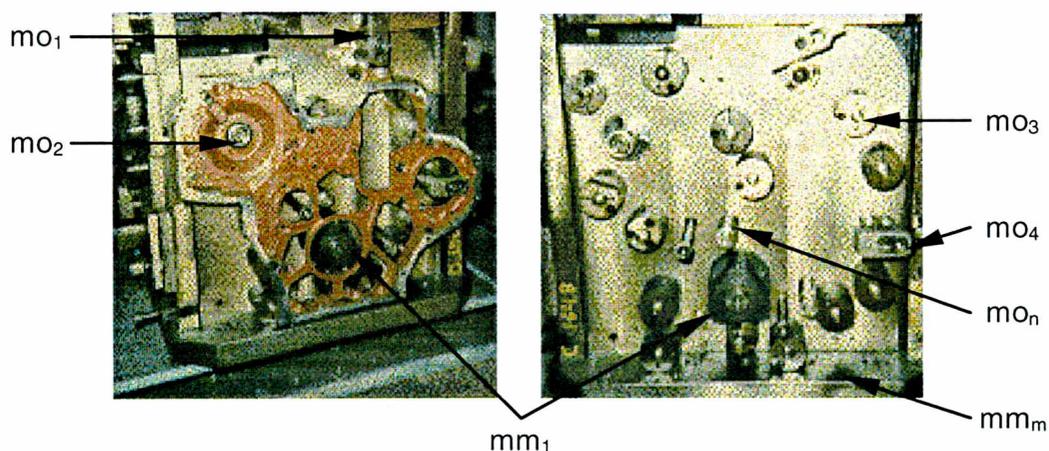
- **SSFPs Modulares-Mistos (MX):** Correspondem a uma variação dos SSFPs Modulares-Generativos, contendo um ou mais componentes não modulares que são conectados aos módulos através de interfaces padronizadas. Suas concepções de montagem são orientadas por função e por excepcionalidade, podendo, assim, atender, ao mesmo tempo, a uma infinidade de variantes da função global e aos requisitos particulares das peças ou dos processos de fabricação, condição essa

não atendida pelo uso exclusivo de componentes modulares. Além de possuir as mesmas características dos SSFPs Modulares-Generativos, os Modulares-Mistos apresentam uma certa customização, uma vez que, após a montagem dos componentes não modulares, esses se tornam módulos cativos das respectivas peças ou dos processos de fabricação correspondentes. Sua aplicação é apropriada para a fixação de peças complexas em processos de fabricação flexíveis, onde o *mix* de peças é de médio a grande e, portanto, o uso de SSFPs Modulares-Generativos ou o desenvolvimento de um SSFP Dedicado seriam técnica ou economicamente impróprios. Na Figura 13, está esquematizada a composição dos SSFPs tipo Modular-Misto e, na Figura 14, podem ser observadas algumas montagens desses.



Fonte: Primária.

Figura 13 - Composição esquemática dos SSFPs Modulares-Mistos.

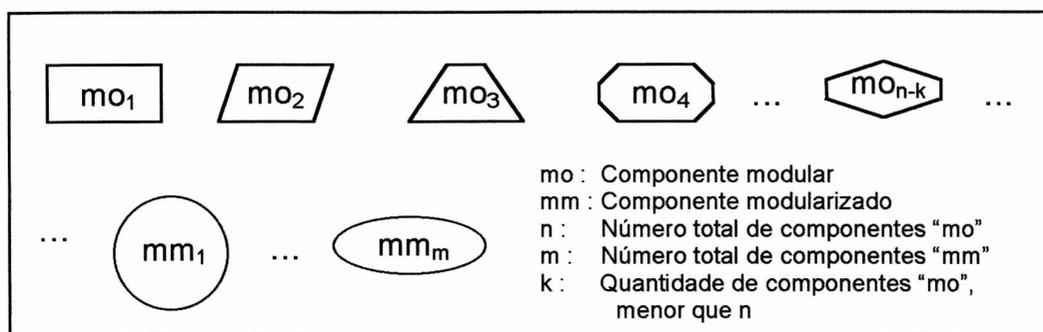


Fonte: New Hübner Flexible Usinagem Ltda.

Figura 14 - Montagens de SSFPs Modulares-Mistos

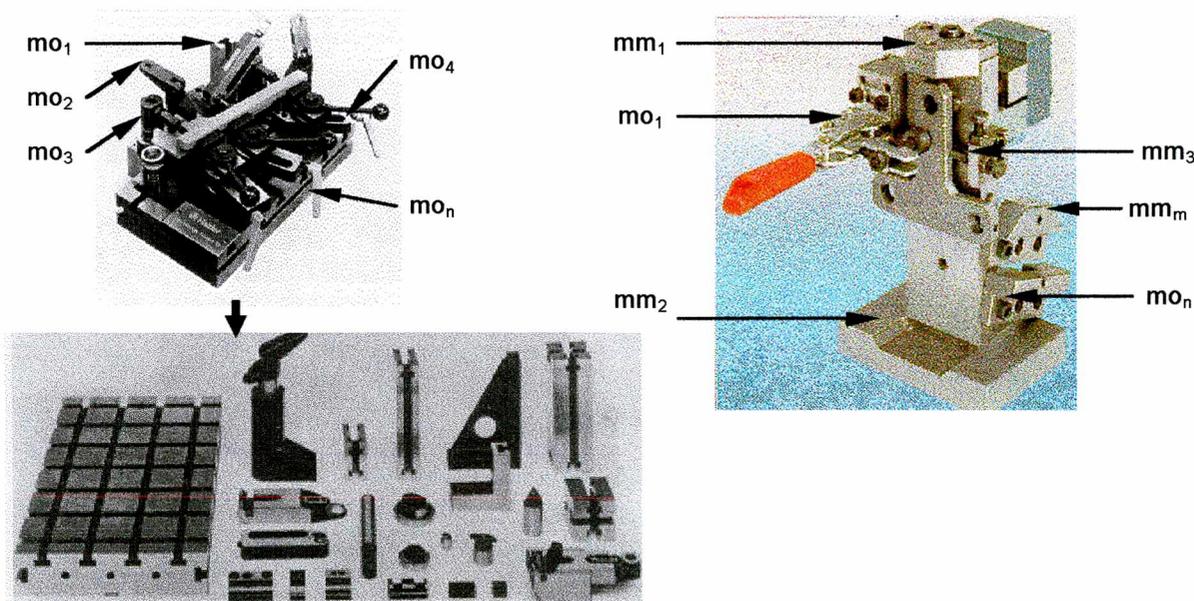
- **SSFPs Modulares-Customizados (MC):** São SSFPs constituídos de uma quantidade relativamente pequena de componentes modulares intercambiáveis e eventualmente complementados com componentes não modulares que são posteriormente modularizados. Suas concepções de montagem são orientadas pela

produção, com base nos seus recursos, estratégias e procedimentos, devendo atender a todas as variantes da função global “fixar peça” no domínio do sistema de produção que as orientam. Apresentam as mesmas características dos SSFPs Modulares-Generativos e dos SSFPs Modulares-Mistos, porém agora limitadas a um domínio de aplicação específico. Os SSFPs Modulares-Customizados são aplicados na fabricação de produtos direcionados a segmentos invariáveis onde o *mix* de peças usinadas é pequeno ou médio. Também se aplicam a processos de fabricação que utilizam *lay-out* funcional e usinam um número limitado de tipos de peças. O esquema da composição dos SSFPs Modulares-Customizados está mostrado na Figura 15 e exemplificado na Figura 16.



Fonte: Primária.

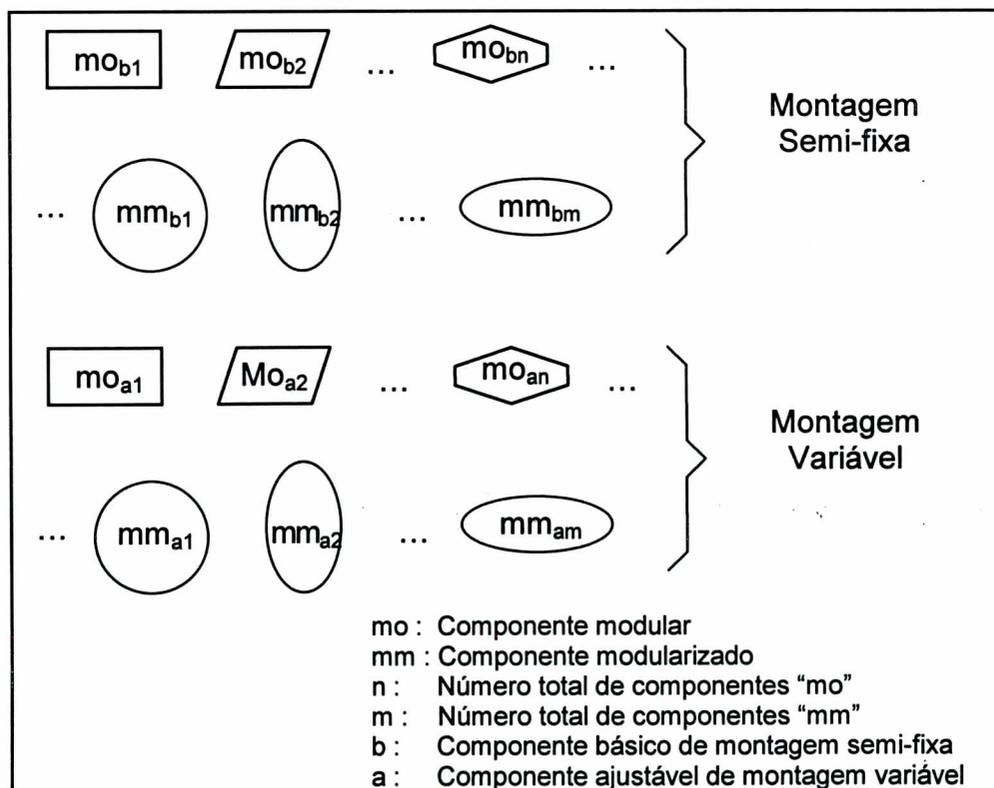
Figura 15 - Composição esquemática dos SSFPs Modulares-Customizados.



Fontes: Carr Lane, 1995b; Erwin Halder, 1992 e Industécnica-Fixo, 1995.

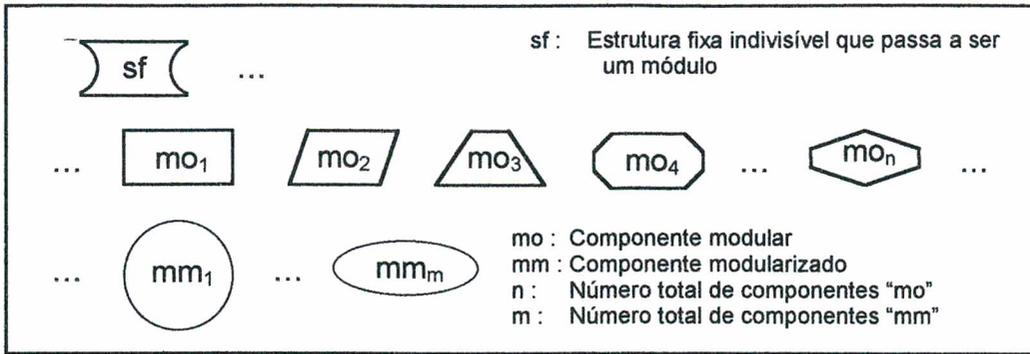
Figura 16 - Exemplos de SSFPs Modulares-Customizados.

- SSFPs Modulares-Variantes (MV):** Estes SSFPs representam um tipo de fixação ajustável às variações de um grupo de peças com similaridades geométrica e de processo, a partir de uma montagem-padrão direcionada a cada família de peças. São, portanto, compostos por um conjunto de componentes modulares básicos que são usados em todas as peças da mesma família e de um conjunto de módulos ajustáveis que são projetados especialmente para algumas peças de uma mesma família. Os módulos básicos são dispostos em uma montagem invariável para cada família de peças e atendem a todas as variantes da função global, ao passo que os módulos ajustáveis são intercambiados para atender às diferenças de fixação entre peças da mesma família. Eventualmente, e dependendo da disponibilidade, os módulos básicos de uma família de peças podem ser utilizados em outra família. Os SSFPs Modulares-Variantes caracterizam-se por uma dupla estrutura modular de montagem, sendo uma semifixa e outra variável. Possuem também as mesmas características dos demais SSFPs Modulares, porém restritas a famílias de peças. Sua aplicação é direcionada para sistemas de fabricação baseados na Tecnologia de Grupo. A Figura 17 esquematiza a composição dos SSFPs Modulares-Variantes e a Figura 18 ilustra tal composição.



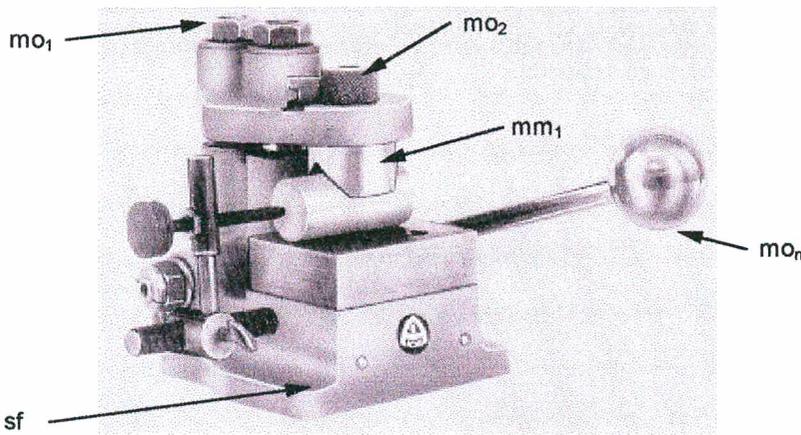
Fonte: Primária.

Figura 17 - Composição esquemática dos SSFPs Modulares-Variantes.



Fonte: Primária.

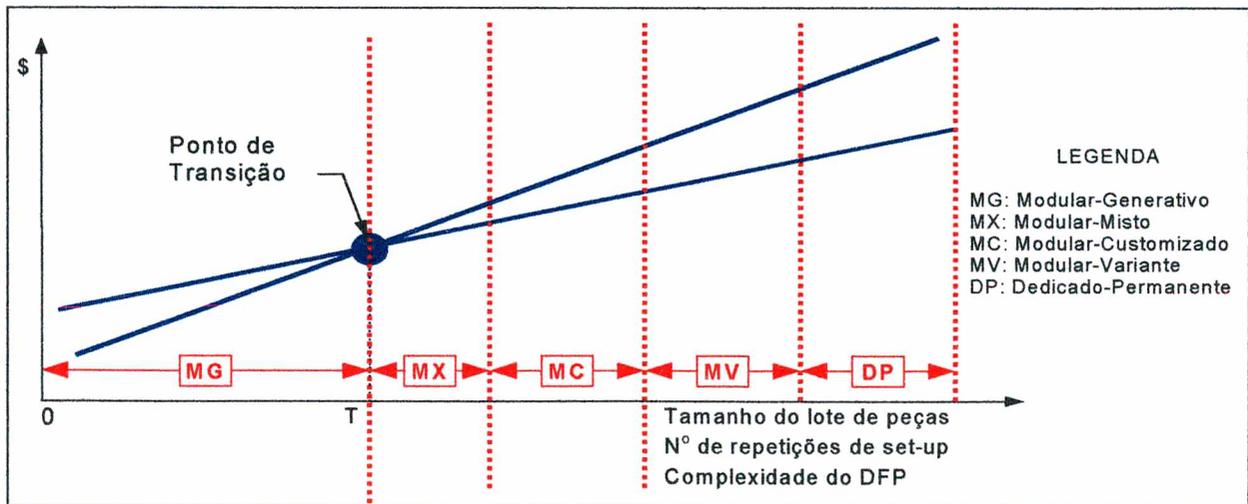
Figura 19 - Composição esquemática dos SSFPs Dedicados-Permanentes.



Fonte: Boyes, 1986.

Figura 20 - Exemplo de SSFP Dedicado-Permanente.

Tomando por base a Figura 10 apresentada anteriormente, podem-se fazer o referenciamento e a distribuição das classes de SSFPs no seu espectro de aplicação, conforme está mostrado na Figura 21.

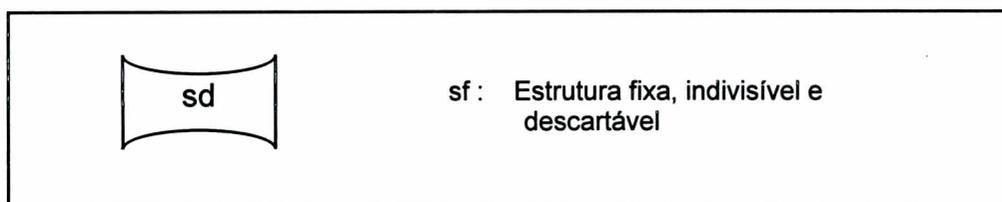


Fonte: Primária.

Figura 21 - Enquadramento dos SSFPs nas características da produção.

Outras duas classes de SSFPs, embora não tenham sido originadas pela modularização, podem representar tipos de DFPs efetivamente usados em situações particulares dos sistemas de produção, sendo descritas da seguinte forma:

- **SSFPs Dedicados-Temporários (DT):** São SSFPs ou propriamente DFPs exclusivamente Dedicados, formados por uma estrutura fixa e rígida que é integralmente descartada após o uso. Suas concepções de projeto e de construção são rudimentares e são orientadas por produto para o completo atendimento de uma única função global. São caracterizados pela altíssima especificidade, pelo completo descarte e pelo emprego de materiais baratos e facilmente disponíveis. As características destes SSFPs fazem com que o seu gerenciamento seja conduzido na forma de projeto de um novo produto e, portanto, por razões econômicas, devem ser administrados como itens de consumo da produção. Suas aplicações direcionam-se à produção de peças ou processos complexos, realizada em lotes extremamente pequenos ou unitários. Sua necessidade pode ser suprida pelos sistemas modulares (MG, MX, MC ou MV, dependendo da aplicação). O esquema da composição dos SSFPs Dedicados-Temporários está mostrado na Figura 22.

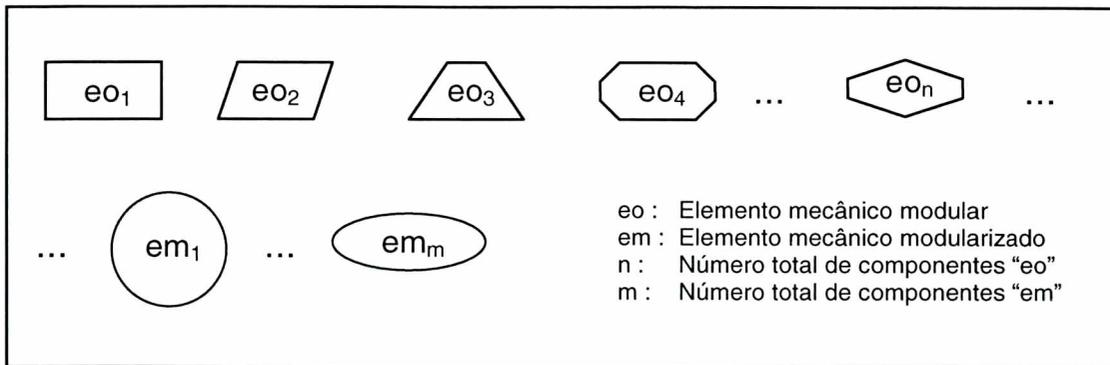


Fonte: Primária.

Figura 22 - Composição esquemática dos SSFPs ou DFPs Dedicados-Temporários.

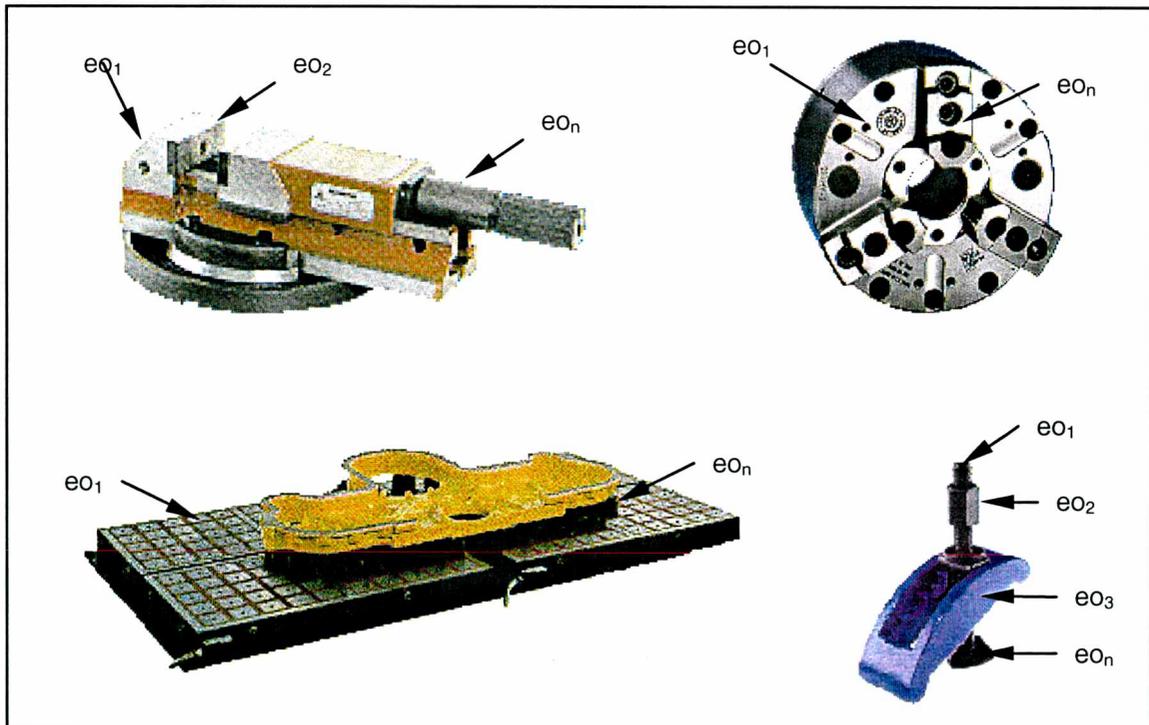
- **SSFPs Especiais ou de Uso-Geral (UG):** São SSFPs constituídos por componentes de fixação avulsos e diversificados, formados por elementos mecânicos individuais ou por conjuntos montados com uma quantidade extremamente reduzida desses elementos. No caso destes SSFPs, não existe uma orientação específica na concepção de seu projeto; cada elemento é concebido com uma função própria e as diferentes combinações, formadas por poucos elementos, atendem a algumas variantes da função global “fixar peça”. São caracterizados pela adaptabilidade às máquinas-ferramenta e às particularidade de peças, pelo reaproveitamento de componentes e pelo baixo custo de aquisição. Suas

características credenciam-nos ao apoio técnico-logístico na área de SFPs e devem ser gerenciados como conjuntos de elementos complementares aos SSFPs existentes na empresa. São aplicados em situações excepcionais, emergenciais ou imprevisíveis de fixação de peças no sistema produtivo, independentemente de esse fazer uso sistemático de outra classe de SSFP. O esquema da composição dos SSFPs Modulares-Customizados está mostrado na Figura 23 e exemplificado na Figura 24.



Fonte: Primária.

Figura 23 - Composição esquemática dos SSFPs tipo Especial (Uso-Geral).



Fontes: Allmatic, 1996; (Onça, 1996; Tecnomagnete, 1996 e Previsão, 1995).

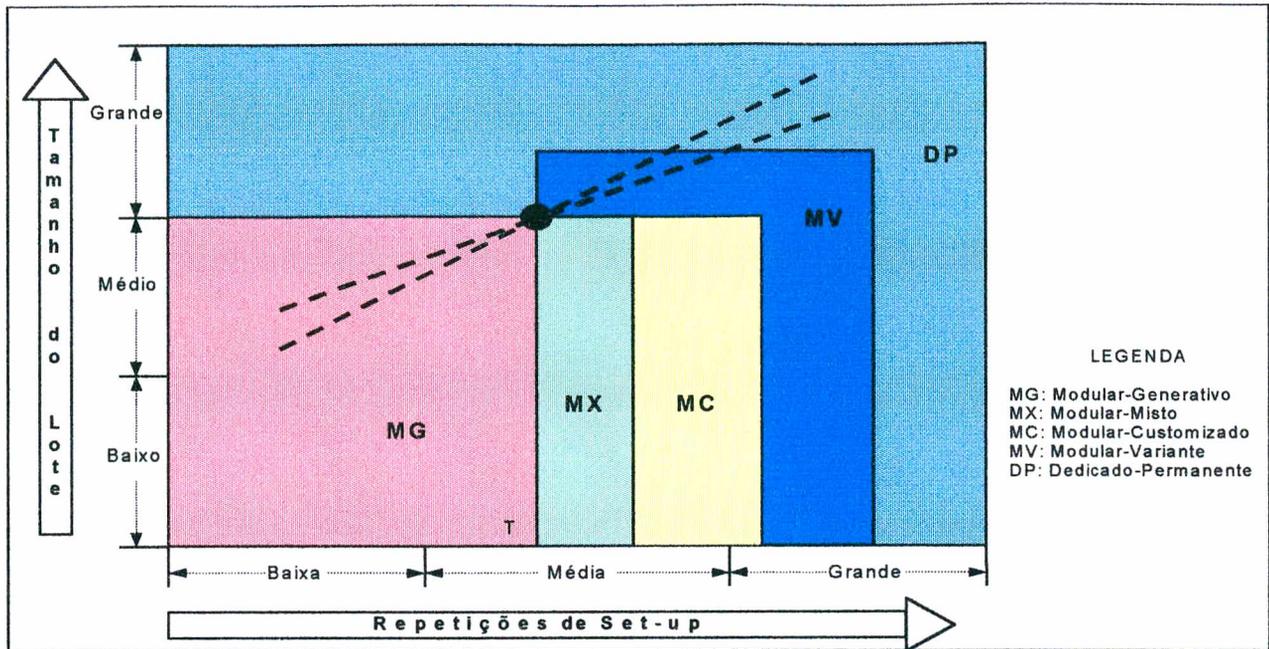
Figura 24 - Exemplos de SSFPs tipo Especial.

Do exposto, constata-se que o enquadramento dos SSFPs em classes acarreta uma série de benefícios para as empresas usuárias, notadamente sob o aspecto econômico, conforme a análise da seção 5.4.1.1. A divisão dos SSFPs em classes de aplicação contribui para a otimização da seleção de tipos de SSFPs, direcionando-os racionalmente para a melhor aplicação, tomando por base as características dos sistemas de produção. Essa é a contribuição inicial para o gerenciamento eficaz.

A otimização da seleção de SSFPs resulta em outros benefícios importantes para as empresas, com destaque para a redução de custos de investimento em SSFPs. Tal redução deve-se a uma seleção mais criteriosa do SSFP e ao encurtamento dos prazos de atendimento dos pedidos de clientes pela redução do *lead-time* de desenvolvimento dos DFPs. Percebe-se, também, a predominância de SSFPs Modulares entre as classes, o que contribui significativamente para o desenvolvimento de procedimentos sistemáticos do gerenciamento. Isso acontece porque a modularização incorpora grande parte da padronização, sendo ambos requisitos da sistematização, conforme já foi mencionado anteriormente.

Outro aspecto importante da predominância modular é a viabilidade de aplicação de uma sistemática de projeto modular para todas as classes de SSFPs. Isso inclui os SSFPs Dedicados-Permanentes desde que os módulos funcionais da estrutura fixa desses sejam mantidos solidários durante as fases de projeto para a montagem e de construção. Entretanto, o benefício mais amplo que a divisão dos SSFPs em classes proporciona é a preparação da empresa, pela racionalização e organização da área de SFP, para a implantação de uma sistemática de gerenciamento, independentemente da classe de SSFP predominante na empresa.

No que se refere à abrangência dos SSFPs, verifica-se um significativo ganho em favor dos Modulares, ou seja, daqueles SSFPs propícios à sistematização do gerenciamento, em detrimento dos Dedicados, cuja sistematização é impraticável. Essa situação está ilustrada pelo mapa da Figura 25, que representa a distribuição aproximada das classes de SSFPs na produção com base em características desses. Cabe destacar que, por meio da modularização parcial e da padronização, até mesmo os DFPs Dedicados podem ter um gerenciamento sistematizado, de acordo com as colocações contidas nas seções 5.4.2.2 e 5.4.3.



Fonte: Primária.

Figura 25 - Distribuição dos diferentes SSFPs na produção.

Observa-se, na Figura 25, que as regiões MX, MC e MV representam sistemas de produção que, antes do trabalho de modularização, se enquadravam na região de DFPs exclusivamente Dedicados, agora representados por SSFP Dedicado-Permanente (DP). Como esse tipo de SSFP, na sua concepção original, não oferecia as condições para a sistematização de procedimentos, ao contrário dos SSFPs Modulares, estima-se que esse novo enquadramento representa um ganho de, aproximadamente, 30% na facilitação de gerenciamento. Comparando a área de abrangência dos SSFPs predominantemente Modulares (MG+MX+MC+MV) com a região dos SSFPs Dedicados-Permanente (DP), verifica-se que, agora, a maior parte é propícia à sistematização do gerenciamento por causa da modularidade. É oportuno enfatizar que a região DP também pode tornar-se viável à sistematização após um trabalho de padronização consistente.

CAPÍTULO 6

MODELO DE GERENCIAMENTO DE SFPs APOIADO NA MODULARIDADE E NA PADRONIZAÇÃO

6.1 Preâmbulo

Os resultados da pesquisa de campo apresentados no capítulo 4 deste trabalho evidenciaram a completa desestruturação da área de SFPs nas indústrias. Ao mesmo tempo, a literatura especializada consultada não apresenta nenhum desenvolvimento consistente no aspecto gerencial dos SFPs, conforme aponta a revisão bibliográfica apresentada no capítulo 3, o que comprova a carência de apoio científico e tecnológico das empresas nessa área. Por trás dessa situação está a complexidade dos sistemas produtivos, que desencadeia uma série de fatores problemáticos relacionados com os SFPs em nível de empresa, conforme foram mencionados no capítulo 1. Por outro lado, ficou constatado que a modularidade e a padronização na área de SFPs favorecem profundamente a sistematização de procedimentos gerenciais, além de induzirem ganhos econômicos e tecnológicos, de acordo com a análise apresentada na seção 5.4.1.1.

Diante desse panorama e com base no que foi exposto no capítulo anterior, entende-se que a solução para os problemas das empresas relacionados com os SFPs deixa de ser exclusivamente técnica, casual e de responsabilidade restrita ao chão-de-fábrica, passando a ser de caráter gerencial e abrangente no âmbito da empresa. Disso se conclui ser premente a necessidade de desenvolver procedimentos sistemáticos para o gerenciamento de SFPs, de maneira que esses possam ser normalizados e implementados nas empresas por decisão estratégica. Nesse sentido, este trabalho propõe um modelo de gerenciamento sistematizado, que será descrito na seção seguinte.

Entende-se, também, que o desenvolvimento desses procedimentos gerenciais deve estar fundamentado nas características de cada empresa usuária, de maneira que não sejam gerados transtornos na sua implementação e seja mantida a identidade funcional da empresa. Em contrapartida, para que se possa viabilizar a sistematização gerencial de SFPs numa situação de diversidade de características empresariais,

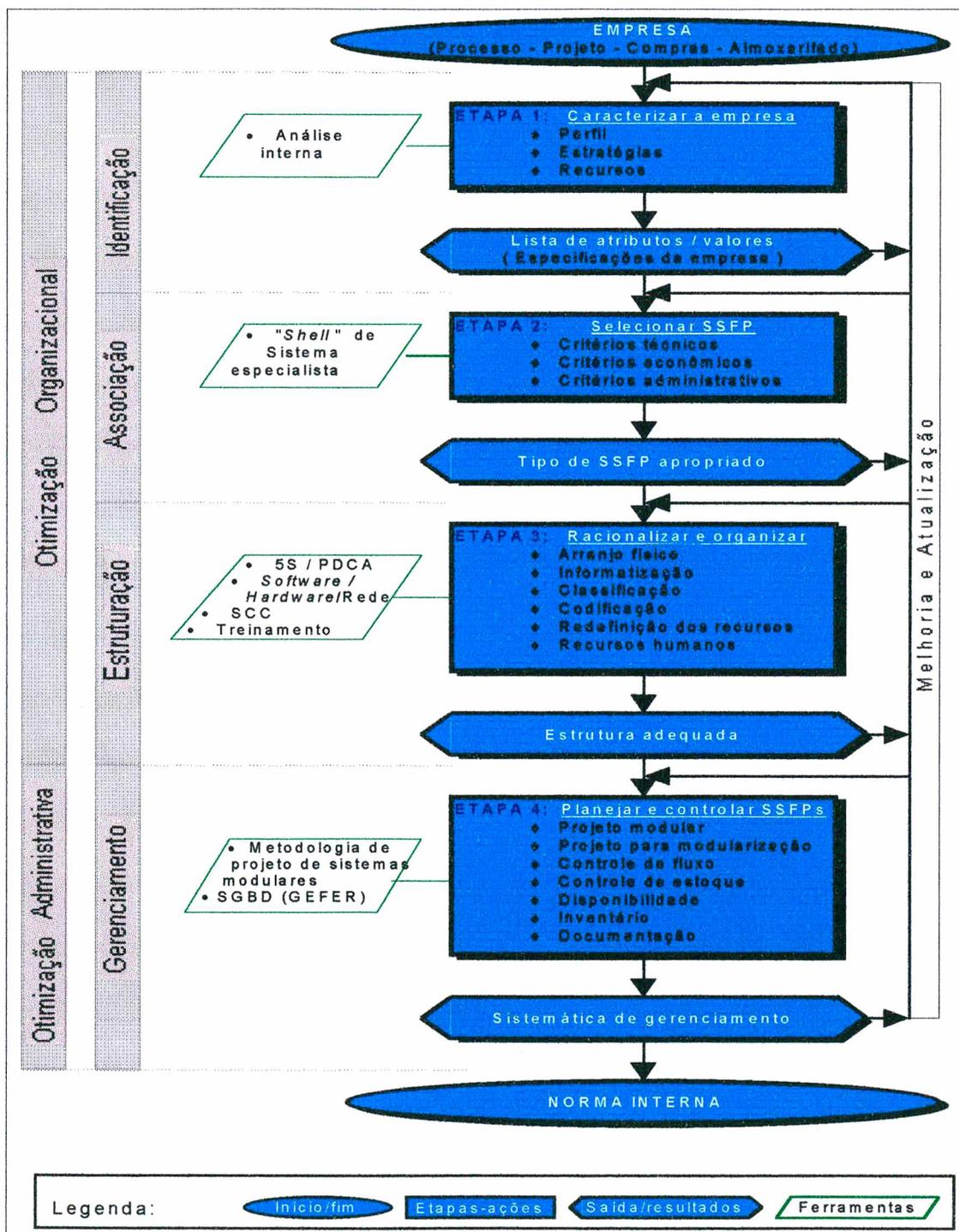
torna-se necessário sintetizar os recursos dos SFPs. Assim, é possível orientar os procedimentos para cada perfil de empresa e, ao mesmo tempo, dispor de uma sistemática abrangente para o gerenciamento destes recursos. Para a sintetização dos recursos dos SFPs, os componentes de SSFPs que desempenham funções específicas são concebidos e considerados como módulos padronizados. Esses módulos compõem conjuntos particularizados de componentes, formando um grupo limitado de tipos de SSFPs predominantemente Modulares, que se enquadram apropriadamente nos perfis das empresas, de acordo com as características de cada uma. Os tipos de SSFPs modularizados e seu enquadramento nas empresas estão apresentados na seção 5.4.3. Cabe salientar que essa sintetização torna-se efetiva pela aplicação das filosofias de modularidade e de padronização sobre os recursos dos SFPs, de acordo com o capítulo 5, condição essa fundamental para o modelo de gerenciamento que está sendo proposto.

Com base no que foi exposto, preconizam-se as seguintes características para o modelo:

- abrangência: fornecer opções de recursos e procedimentos gerenciais para diferentes sistemas de produção;
- adequação: deve partir das necessidades de cada empresa para formalizar os requisitos do seu SFP, resguardando a identidade os recursos e estratégias originais;
- modularidade e padronização: direcionar, desde o início, o processo gerencial de SFPs à filosofia de modularidade e padronização;
- otimização empresarial: sob o enfoque dos SFPs, atuar na organização e na racionalização de diversos departamentos das empresas;
- orientação lógica e seqüencial: desencadear o processo gerencial de SFPs em etapas cronológicas subseqüentemente dependentes e interligadas;
- aprimoramento e ajustes: possibilitar revisões e alterações em qualquer etapa, a partir de novas necessidades ou estratégias das empresas;
- suporte: propor ferramentas ou técnicas de apoio ao desenvolvimento de cada etapa da metodologia de gerenciamento;
- informatização: apresentar estrutura de operacionalização direcionada ao uso de computadores;
- integração setorial: induzir à comunicação e à unificação de procedimentos entre setores da empresa.

6.2 Descrição do modelo

O modelo de gerenciamento proposto, e representado esquematicamente pelo fluxograma da Figura 26, é composto por quatro etapas de ações, constituindo-se em uma sistemática de otimização da área de SFP que se desenvolve em dois estágios, sendo o primeiro organizacional e o segundo administrativo.



Fonte: Primária.

Figura 26 - Modelo de sistemática para gerenciamento de SFPs.

De acordo com a Figura 26, o estágio de otimização organizacional divide-se em três fases seqüenciais, que correspondem às atividades de identificação da empresa, de associação de SSFPs com o perfil de empresa e de estruturação da área de SFPs. A fase de identificação visa à obtenção da lista de atributos e valores que caracterizam a empresa em termos de aplicação apropriada dos SSFP e é implementada pela etapa 1. Na fase de associação, a meta é definir o tipo de SSFP que melhor se enquadra nas características da empresa, sendo implementada pela etapa 2. A fase de estruturação visa preparar a empresa, quanto aos recursos físicos e humanos, para a introdução da nova concepção gerencial do seu SFP, sendo implementada pela etapa 3.

O estágio de otimização administrativa ocorre numa única fase, que é o próprio gerenciamento de SFPs. Esta fase relaciona-se ao uso dos SSFPs da empresa e visa disponibilizar procedimentos sistematizados para o seu planejamento e controle, sendo implementada pela etapa 4.

Cada etapa do modelo constitui-se num conjunto de passos que representam as ações ou os procedimentos que determinam a sistemática de gerenciamento, devendo constituir-se numa norma interna da empresa. Ao final de cada etapa, os resultados são avaliados quanto ao atendimento das respectivas metas. Caso haja inconsistência nos resultados de cada etapa, os procedimentos desta devem sofrer uma ação de melhoria ou de atualização para, só então, ser iniciada a etapa subsequente.

Em seqüência, passa-se a detalhar cada uma das etapas do modelo.

6.2.1 Etapa 1: Caracterização da empresa

A caracterização da empresa para fins de gerenciamento do seu SFP implica o estabelecimento e agrupamento das informações que representam os recursos referentes ao SFP, as suas necessidades e estratégias, informações essas que embasarão, posteriormente, as análises técnicas e econômicas para a seleção dos SSFPs. Tais informações são expressas na forma de atributos, acompanhados de seus respectivos valores. Como exemplos ilustrativos de pares de atributos / valores, entre muitos, podem-se citar os seguintes: tipo de produção / FMS, peso da peça fixada / 15 kg e rigidez da máquina / alta.

Portanto, esta etapa consiste na realização de um levantamento interno de informações da empresa, orientado por uma lista de atributos predefinidos e com

opções de valores já estipulados, conforme pode ser verificado na Tabela 26. Cabe salientar que esta tabela representa um esboço do que deverá se constituir numa lista de referência mais específica, completa e abrangente, condição essa que deverá ser alcançada gradualmente, através da captação e sintetização do conhecimento nesse domínio.

Tabela 26 - Atributos e valores dos recursos das empresas associados aos SFPs.

Recursos	Atributos	Valores (unidade)
Peça	Volume	dm ³
	Peso	kg
	Geometria	Cilíndrica, prismática, complexa, especial
	Requisitos geométricos e mecânicos para de fixação	Normais, especiais
	Rigidez das paredes	Indeformável, deformável
	Estado da superfície da peça	Bruta, pré-usinada, acabada
	Cinemática de corte	Rotativa, fixa
	Fase do projeto	Protótipo, desenvolvimento, final
	Similaridade geométrica das peças	Baixa, alta
	Similaridade de processo das peças	Baixa, alta
Sistema de produção	Simetria das superfícies de fixação	Nenhuma, paralela, angular, circular
	Tipo de sistema de produção	Em linha, FMS, tecnologia de grupo, <i>job-shop</i> , cativa
	Tamanho dos lotes	Número de peças
	Frequência dos <i>set-up</i>	Número de <i>set-ups</i> por ano
	Duração dos <i>set-up</i>	Dias
	Quantidade de <i>set-up</i>	Número de <i>set-ups</i>
	Quantidade de peças por vida do DFP	Número de peças
	Nível de automação	Baixo, médio, alto
	Localização de almoxarifado	Local, setorial, central
	Espaço fabril	Restrito, amplo
Processo de fabricação	Custo de estoque	U\$
	Tipo de processo de fabricação	Torneamento, fresamento, furação, mandrilamento, ..., retificação, ...
	Força de fixação	Newton
	Necessidade de controle da força de fixação	Indispensável, desejável
	Qualidade dimensional	Precisão dimensional IT
	Índice de refugo	Peças por milhão (PPM)
	Planejamento de processo	Ausente, eventual, sistemático
	<i>Set-up</i> por peça	Número de <i>set-ups</i>
Habilidade pessoal	Baixa, média, alta	
Equipamentos	Grau de complexidade do DFP	Número
	Vida útil do DFP	Número de peças fixadas
	<i>Leadtime</i> de desenvolvimento do DFP	Dias
	Padronização no chão-de-fábrica	Ausente, parcial, total
	Suprimento H & P	Ausente, hidráulico, pneumático, H&P

Fonte: Primária.

Para assegurar uma caracterização representativa dos recursos e do plano diretor da empresa tendo em vista o gerenciamento na área de SFPs, é necessário que, na valoração dos atributos, sejam agregadas as considerações de planejamentos estratégico, logístico e técnico. Isso implica a participação de todos os níveis hierárquicos da empresa. Tais considerações, que, direta ou indiretamente, influem na seleção dos SSFPs, são, principalmente, as seguintes:

- **Considerações de planejamento estratégico:** Modularidade, padronização, terceirização, atualização tecnológica, aumento de produtividade, redução de custos, aumento do volume de produção, alteração do *lay-out* de fábrica, diversificação de produtos e certificação da empresa;
- **Considerações de planejamento logístico:** Carga de trabalho de máquinas e equipamentos, capacidade e desempenho dos SSFPs, *leadtime* de fabricação, atualização do inventário, identificação e disponibilidade dos DFPs e de seus componentes, localização e forma de armazenamento e meios de transporte;
- **Considerações de planejamento técnico:** Plano de processo (ferramentas de corte, máquinas, operações e seqüência de usinagem, condições de usinagem e trajetórias de corte), controle de processo, especificações de equipamentos e acessórios, projeto, construção, montagem e manutenção dos DFPs.

É fácil perceber que as considerações elencadas promovem o envolvimento de vários setores da empresa, induzindo à prática da Engenharia Simultânea. Entre os setores envolvidos estão os seguintes: Direção, Compras, Vendas, Engenharia de Projetos, Engenharia de Processos, Engenharia de Produção, Controle de Qualidade e Chão-de-Fábrica.

O conjunto de atributos e valores que identificam os recursos e as estratégias da empresa quanto ao seu SFP e que, em consequência, determinam o seu perfil também representa a base de dados para a seleção do tipo de SSFP mais apropriado para a aplicação.

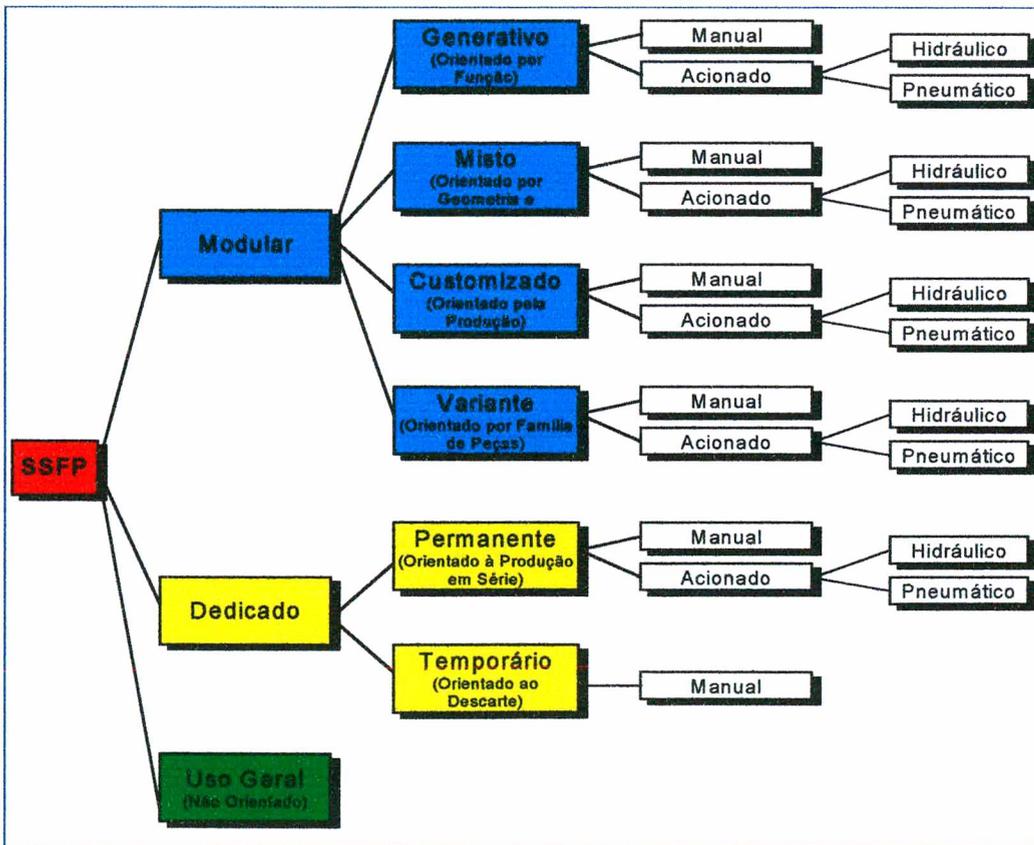
6.2.2 Etapa 2: Seleção de SSFPs

Esta etapa consiste no processo de escolha do tipo de SSFP que representa a melhor solução técnica, econômica e administrativa para a empresa, tomando por base

os atributos e valores estabelecidos na etapa 1. Este processo é desenvolvido em quatro passos, descritos a seguir.

6.2.2.1 Elaboração da taxinomia de tipos de SSFPs

Esta taxinomia é formada a partir das classes de SSFPs originadas pela modularidade e padronização, conforme estão apresentadas e caracterizadas na seção 5.4.3. As classes são, então, agrupadas em famílias, de acordo com a estrutura desenvolvida por Boehs (1992) para o caso de ferramentas de corte, e desmembradas em subclasses de maneira a formar uma estrutura hierárquica, que se constitui na árvore de decisão para a seleção de tipos de SSFPs, esquematizada na Figura 27. Cabe mencionar que outras subclasses poderiam ser acrescentadas, porém isso não será explorado neste trabalho uma vez que a sistemática é a mesma envolvida nos primeiros níveis. A rigor, somente os dois primeiros níveis, conforme estão realçados na Figura 27, são necessários para orientar os procedimentos iniciais do gerenciamento e que constituem as providências da etapa seguinte (etapa 3).



Fonte: Primária.

Figura 27 - Taxinomia de SSFPs visando ao gerenciamento sistematizado.

6.2.2.2 Formalização do sistema de seleção assistido por computador

Esta ação consiste em formalizar e implementar um protótipo de sistema especialista com o objetivo de selecionar tipos de SSFPs, uma vez que essa seleção constitui-se na primeira etapa de um gerenciamento visto de forma ampla. Efetivamente, isso significa definir e configurar uma *shell* de sistema especialista para dispor de um meio eficaz para realização de tal objetivo.

A formalização do sistema a ser implementado consiste na especificação da *shell* e na definição da representação do conhecimento. No que se refere à especificação da *shell* para o desenvolvimento em questão, é adotado o *software* Kappa-PC 2.3. Embora possa ser outro o *software*, a escolha, aqui, foi definida em função das seguintes características de aplicação desse *software* (Ogliari, 1996):

- gerenciamento de projetos;
- auxílio ao usuário com apresentação gráfica e acesso ao banco de dados;
- diagnóstico e controle estatístico de processo;
- consulta de recursos humanos para revisar estruturas organizacionais;
- ensino e pesquisa.

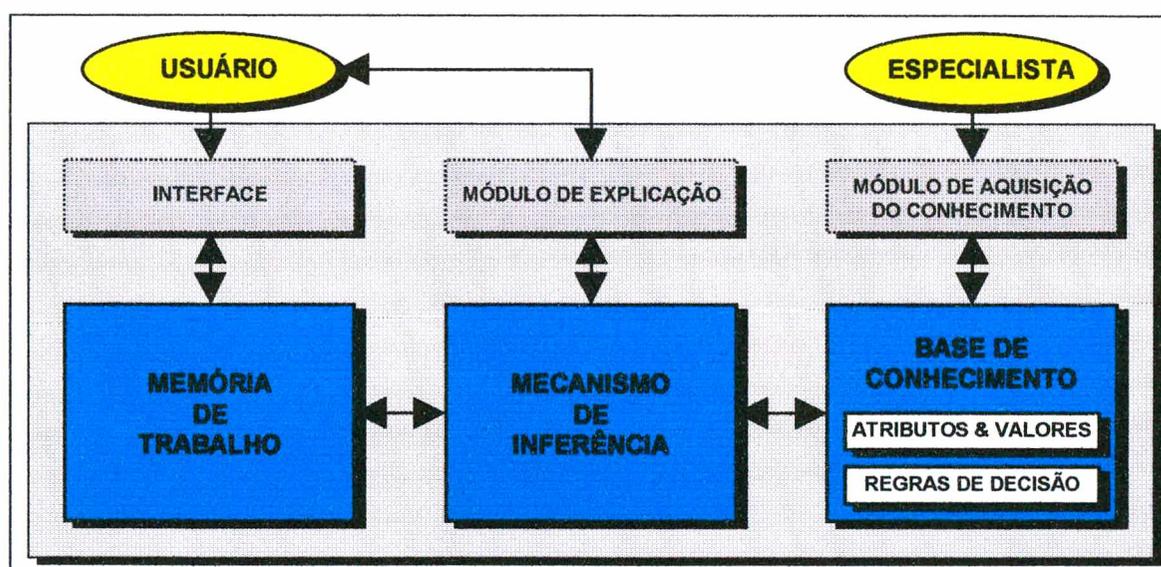
Além dessas características, o Kappa PC 2.3 destina-se a outras aplicações que vêm ao encontro das necessidades do modelo de gerenciamento de SFPs proposto neste trabalho. Tais aplicações são as seguintes (Kappa, 1992):

- controle de inventário;
- gerenciamento em rede;
- planejamento dos recursos (relocação) de materiais - MRP;
- seqüenciamento de fábrica;
- configuração de produtos;
- configurações de compras e vendas.

Quanto à representação do conhecimento, é utilizado o método de regras. Tendo em vista o desenvolvimento em questão, essa opção em relação aos métodos de *frames* e de redes semânticas teve como base as seguintes considerações (Waterman, 1986):

- as regras são apropriadas quando o domínio do conhecimento resulta de associações empíricas originadas da experiência adquirida na solução de problema;
- as regras proporcionam um meio formal de representar recomendações, instruções ou estratégias;
- as regras constituem-se na técnica mais usual de representação do conhecimento.

A formalização de um sistema especialista constitui-se na conversão do conhecimento adquirido em um programa de computador específico. Isso implica, em primeiro lugar, a estruturação da base de conhecimento que compõe o sistema especialista e, em segundo, a concepção da interface com o usuário. Essa estruturação, por sua vez, consiste em introduzir na *shell* os atributos e valores relativos aos SFPs das empresas e produzir as regras de decisão para efetivar a seleção dos SSFPs. A Figura 28 esquematiza a arquitetura dos sistemas especialistas, na qual se pode observar a participação da base de conhecimento e o seu relacionamento com os outros módulos do sistema.



Fonte: Maribondo, 1997.

Figura 28 - Arquitetura dos sistemas especialistas.

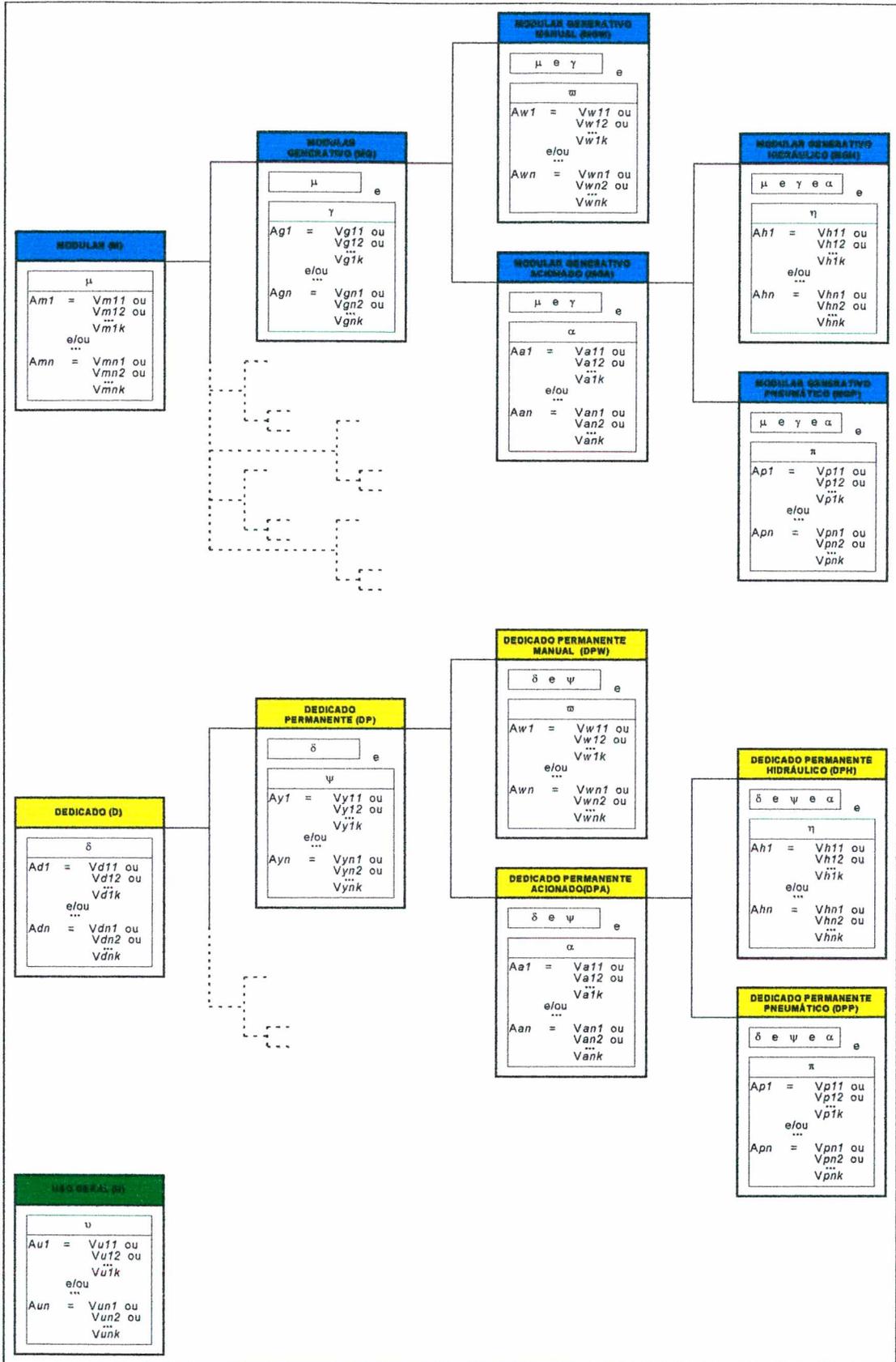
Quanto à concepção da interface, a meta é dispor de um recurso que possibilite e facilite a troca de informações entre o usuário e o sistema especialista. Essa ação consiste na elaboração das telas de entrada e saída de informações referentes ao processo de seleção de SSFPs, bem como dos métodos operacionais da interface.

6.2.2.3 Implementação do sistema de seleção assistido por computador

Uma vez estruturada a base de conhecimento e concebida a interface com o usuário, o sistema especialista está em condições de processar a seleção dos SSFPs. Isso significa que os demais recursos e métodos necessários para tal processamento são inerentes à *shell* adotada e nela estão disponíveis. Esses estão representados pelos demais módulos que compõem a arquitetura do sistema especialista, conforme pode ser observado na Figura 28. As funções desses módulos, segundo descrição de Maribondo (1997) e aqui adaptadas ao domínio dos SFPs, são as seguintes:

- memória de trabalho: armazena as informações iniciais e derivadas envolvidas no processo de seleção de SSFPs;
- mecanismo de inferência: executa e controla as informações contidas na base de conhecimento e na memória de trabalho, utilizando-se da lógica das regras de decisão e produzindo novas informações para a memória de trabalho, ou seja, o mecanismo de inferência efetiva o processo de seleção de SSFPs;
- módulo de aquisição do conhecimento: fornece os recursos de *software*, na forma de uma interface, que auxiliam o especialista a introduzir o conhecimento no sistema especialista, de acordo com a configuração da base de conhecimento;
- módulo de explicação: possibilita ao sistema especialista, quando solicitado ou programado, explicar o modo de “raciocínio” e o processo de escolha do tipo de SSFP.

Um aspecto-chave e de grande relevância para a seleção de SSFPs está na correta formulação das diretrizes que definem o seu tipo. A determinação dessas diretrizes consiste no estabelecimento dos atributos e valores necessários e suficientes para identificar, sem ambigüidades, cada subclasse da árvore de decisão e, conseqüentemente, cada tipo de SSFP. É, portanto, um processo de associação de conformidade entre as características das empresas (Tabela 26) e os tipos de SSFPs (Figura 27). A Figura 29 esquematiza a forma de determinar as diretrizes de seleção de SSFPs correspondentes à árvore de decisão apresentada na Figura 27.



Fonte: Primária.

Figura 29 - Estruturação das diretrizes para as regras de seleção dos SSFPs.

Observa-se, no esquema da Figura 29, a hereditariedade de atributos e de valores. Nessa condição, típica das estruturas em forma de famílias, a busca por soluções segue o princípio de exclusão, o que minimiza o número de regras de decisão e simplifica o processo de seleção.

De acordo com a estrutura esquematizada na Figura 29, são elaboradas as regras que definem a seleção dos SSFPs a serem implementados na base de conhecimento do sistema especialista. A Tabela 27 exemplifica essa esquematização através de alguns atributos e valores que podem ser considerados em cada classe de SSFP.

Tabela 27 - Exemplo de formulação do conhecimento para a seleção de SSFPs.

Atributos		Valores	
μ	Modular (M)		
Am1	Grau de complexidade do DFP (GCD)	Vm11	59 *
Am2	Frequência dos <i>set-up</i> (FSU)	Vm21	8 <i>set-up</i> / ano
Am3	Duração de cada <i>set-up</i> (DSU)	Vm31	20 dias
Am4	Quantidade de peças por vida útil do DFP (QPV)	Vm41	800 peças *
Am5	Ponto de equilíbrio econômico (PEE)	Vm51	8 <i>set-up</i> *
Am6	Reutilizações do mesmo <i>set-up</i> (RSU)	Vm61	5 <i>set-up</i>
γ	Generativo (G)		
Ag1	Tipo de sistema de produção (TSP)	Vg11	FMS
		Vg12	Job-shop
Ag2	Leadtime de desenvolvimento do DFP (LTD)	Vg21	1 dia
ξ	Misto (X)		
Ax1	Requisitos geométricos e mecânicos de fixação da peça (RGM)	Vx11	Especiais
Ax2	Geometria da peça (GEP)	Vx21	Complexa
χ	Customizado (C)		
Ac1	Tipo de sistema de produção (TSP)	Vc11	Cativa
ω	Variante (V)		
Av1	Tipo de sistema de produção (TSP)	Vv11	Tecnologia de Grupo
Av2	Similaridade geométrica das peças (SGP)	Vv21	Alta
Av3	Similaridade de processo das peças (SPP)	Vv31	Alta
δ	Dedicado (D)		
Ad1	Grau de complexidade do DFP (GCD)	Vd11	59 *
Ad2	Frequência dos <i>set-up</i> (FSU)	Vv21	2 <i>set-up</i> / ano
Ad3	Duração de cada <i>set-up</i> (DSU)	Vv31	120 dias
Ad4	Ponto de equilíbrio econômico (PEE)	Vv41	8 <i>set-up</i> *
Ad5	Reutilizações do mesmo <i>set-up</i> (RSU)	Vv51	10 <i>set-up</i>
Ad6	Tipo de sistema de produção (TSP)	Vv61	Em linha
Ad7	Força de fixação exigida (FFE)	Vv71	16000 N
ψ	Permanente (P)		
Ay1	Fase de projeto da peça (FPP)	Vy11	Final

(Cont...)

Tabela 27 - Exemplo de formulação do conhecimento para a seleção de SSFPs (conclusão).

Atributos		Valores	
τ	<i>Temporário (T)</i>		
At1	Fase de projeto da peça (FPP)	Vt11	Protótipo
At2	Geometria da peça (GEP)	Vt21	Especial
At3	Tamanho do lote de peças (TLP)	Vt31	1 peça
ν	<i>Especial ou Uso-Geral (U)</i>		
Au1	Tipo de processo de produção (TPP)	Vu11	Fresamento
		Vu12	Torneamento
Au2	Habilidade pessoal (HBP)	Vu21	Alta
Au3	Set-up por peça (SUP)	Vu31	3
Au4	Nível de automação da produção (NAP)	Vu41	Baixo
Au5	Padronização no chão-de-fábrica (PCF)	Vu51	Ausente
Au6	Planejamento do processo (PLP)	Vu61	Ausente
Au7	Quantidade de set-up (QSU)	Vu71	10
Au8	Grau de complexidade do DFP (GCD)	Vu81	32 *
ω	<i>Manual (W)</i>		
Aw1	Suprimento H & P (SHP)	Vw11	Ausente
Aw2	Nível de automação (AUT)	Vw21	Baixo
Aw3	Habilidade pessoal (HBP)	Vw31	Alta
α	<i>Acionado (A)</i>		
Aa1	Suprimento H & P (SHP)	Va11	Hidráulico
		Va12	Pneumático
		Va13	H & P
Aa2	Rigidez das paredes da peça (RPP)	Va21	Deformável
Aa3	Necessidade de controle da força de fixação (NCF)	Va31	Indispensável
Aa4	Estado da superfície da peça (ESP)	Va41	Bruta
Aa5	Qualidade dimensional da fabricação (QDF)	Va51	IT 8
η	<i>Hidráulico (H)</i>		
Ah1	Suprimento H & P (SHP)	Vh11	Hidráulico
		Vh12	H & P
Ah2	Quantidade de peças por vida útil do DFP (QPV)	Vh21	3000 peças *
ρ	<i>Pneumático (P)</i>		
Ap1	Suprimento H & P (SHP)	Vp11	Pneumático
		Vp12	H & P

Fonte: Primária.

* Valor calculado segundo fórmulas e exemplos apresentados no Anexo B.

A seguir são exemplificadas algumas regras de decisão, tomando por base o conhecimento implícito no domínio dos SFPs e as informações contidas na Tabela 27. Convém ressaltar que, para facilitar o entendimento, as regras abaixo não estão formuladas conforme a sintaxe do *software* de sistema especialista, o que pode ser constatado na seção 6.2.2.4 a seguir.

Regra M1: Se $[35 \leq GCS \leq 60]$ e $[FSU \leq 2]$ e $[DSU < 90]$,

Então SSFP = Modular (M)

Regra M2: Se $[RSU \leq PEE]$,

Então SSFP = Modular (M)

- Regra MG1: Se [SSFP = M] e [(TSP = FMS) ou (TSP = Job-shop)],
Então SSFP = **Modular-Generativo (MG)**
- Regra MG2: Se [SSFP = M] e [LTD ≤ 2],
Então SSFP = **Modular-Generativo (MG)**
- Regra MX1: Se [SSFP = M] e [(RGM = Especiais) e (GEP = Complexa)],
Então SSFP = **Modular-Misto (MX)**
- Regra MC1: Se [SSFP = M] e [TSP = Cativa],
Então SSFP = **Modular-Customizado (MC)**
- Regra MV1: Se [SSFP = M] e [TSP = Tecnologia de Grupo],
Então SSFP = **Modular-Variante (MV)**
- Regra MV2: Se [SSFP = M] e [(SGP = Alta) ou (SPP = Alta)],
Então SSFP = **Modular-Variante (MV)**
- Regra D1: Se [40 ≤ GCS ≤ 52] e [FSU ≥ 2] e [DSU ≥ 90],
Então SSFP = Dedicado (D)
- Regra D2: Se [RSU > PEE],
Então SSFP = Dedicado (D)
- Regra D3: Se [TSP = Em linha],
Então SSFP = Dedicado (D)
- Regra D4: Se [FFE ≥ 15000],
Então SSFP = Dedicado (D)
- Regra DP1: Se [SFP = D] e [FPP = Final],
Então SSFP = **Dedicado-Permanente (DP)**
- Regra DT1: Se [SSFP = D] e [(FPP = Protótipo)] e
[(TLP = 1) ou (GEP = Especial)],
Então SSFP = **Dedicado-Temporário (DT)**
- Regra U1: Se [(TPP = Fresamento) e (30 ≤ GCS ≤ 70) e (QSU > 8)],
Então SSFP = **Uso-Geral (U)**
- Regra U2: Se [(SUP ≥ 2) e (HBP = Alta)],
Então SSFP = **Uso-Geral (U)**
- Regra U3: Se [(NAP = Baixo) e (PCF = Ausente) e (PLP = Ausente)] ,
Então SFP = **Uso-Geral (U)**
- Regra U4: Se [TPP = Torneamento],
Então SSFP = **Uso-Geral (U)**

Regra U5:	Se [(SSFP ≠ Modular) e (SSFP ≠ Dedicado)], Então SSFP = Uso-Geral (U)
Regra MGW1:	Se [(SSFP = MG)] e [(SHP = Ausente)], Então SSFP = Modular-Generativo Manual (MGW)
Regra MGW2:	Se [(SSFP = MG) e (AUT = Baixo) e HBP = Alta)], Então SSFP = Modular-Generativo Manual (MGW)
Regra MCA1:	Se [(SSFP = MC)] e [(SHP = Hidráulico) ou (SHP = Pneumático)] e [(RPP = Deformável) e (QDF ≤ 7)], Então SSFP = Modular-Customizado Acionado (MCA)
Regra MVA1:	Se [(SSFP = MV)] e [(SHP = Hidráulico) ou (SHP = Pneumático)] e [(NCF = Indispensável) e (ESP = Bruta)], Então SSFP = Modular-Variante Acionado (MVA)
Regra DPA1:	Se [(SSFP = DP)] e [(SHP = Hidráulico) ou (SHP = Pneumático)] e [(NCF = Indispensável) ou (QDF ≤ 8)], Então SSFP = Dedicado-Permanente Acionado (DPA)
Regra MVH1:	Se [(SSFP = MVA)] e [(SHP = Hidráulico) ou (SHP = H&P)], Então SSFP = Modular-Variante Hidráulico (MVH)
Regra DPP1:	Se [(SSFP = DPA)] e [(SHP = Pneumático) ou (SHP = H&P)], Então SSFP = Dedicado-Permanente Pneumático (DPP)

A implementação do protótipo de sistema especialista para seleção de SSFPs, conforme o desenvolvimento descrito acima, corresponde ao início dos trabalhos do especialista do conhecimento neste domínio. A proposição, nesta etapa do modelo de gerenciamento de SFPs, é que o sistema especialista em desenvolvimento venha a tornar-se universal através do contínuo aprimoramento da base de conhecimento.

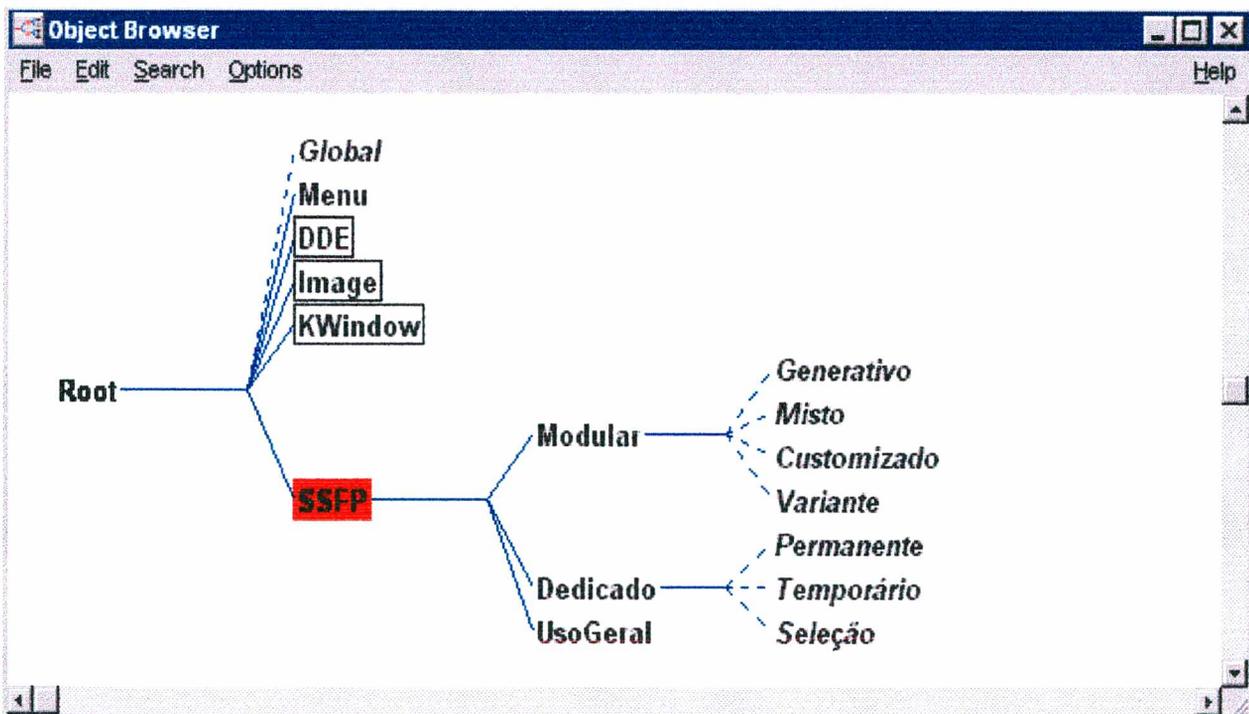
6.2.2.4 Utilização do sistema computacional para a seleção de SSFPs

A forma de utilizar um sistema especialista depende do seu estágio de desenvolvimento. Sistemas especialistas pouco desenvolvidos e que contêm uma

quantidade limitada de regras exigem grande intervenção do especialista do conhecimento e fornecem poucos recursos para o usuário. Este é o caso, no momento, do protótipo inserido neste modelo de gerenciamento. Por outro lado, os sistemas suficientemente desenvolvidos dependem muito pouco do especialista, são confiáveis e atendem amplamente às necessidades do usuário. Essa é a posição que se estima alcançar com o protótipo de sistema especialista do modelo proposto.

O desenvolvimento a seguir tem o propósito de apresentar o funcionamento básico, a viabilidade e a potencialidade dos sistemas especialistas como ferramenta de apoio aos usuários na seleção de tipos de SSFPs. Os usuários são representados pelos profissionais responsáveis pela sistematização do gerenciamento dos SFPs das empresas. No caso em estudo, é usada a *shell* Kappa-PC 2.3 e o conhecimento na área de SFPs associado às características das empresas.

A primeira providência para a implantação do sistema especialista, depois de definida a *shell* a ser adotada, é a concepção da árvore hierárquica de SSFPs. A árvore consiste na própria taxinomia de SSFPs originada pela filosofia de modularidade e padronização, sendo introduzida no Kappa-PC 2.3 através do seu recurso *Object Browser*. O aspecto da árvore hierárquica na *shell* está mostrado na Figura 30.

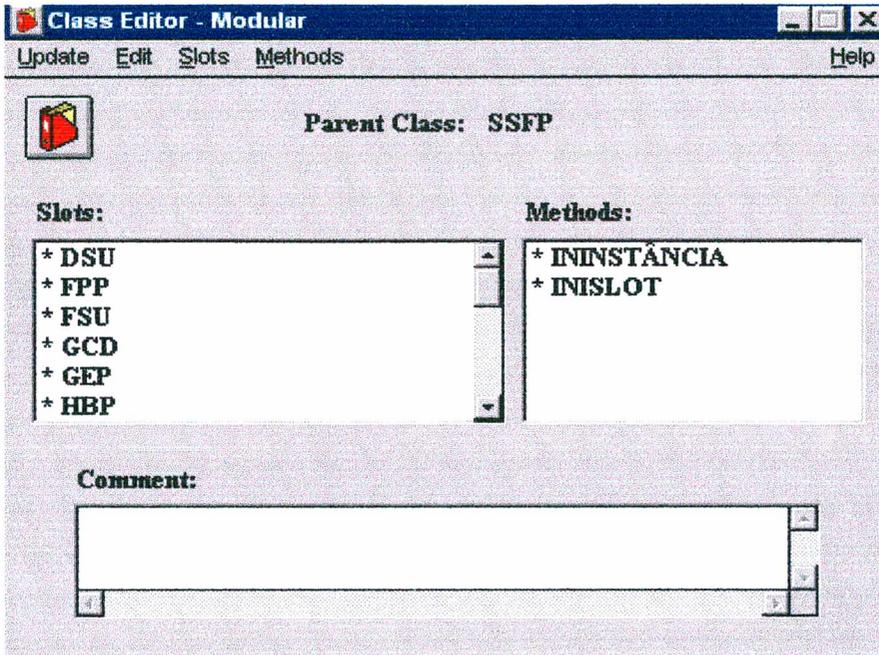


Fonte: Primária.

Figura 30 - Árvore de decisão inserida na *shell* Kappa-PC 2.3.

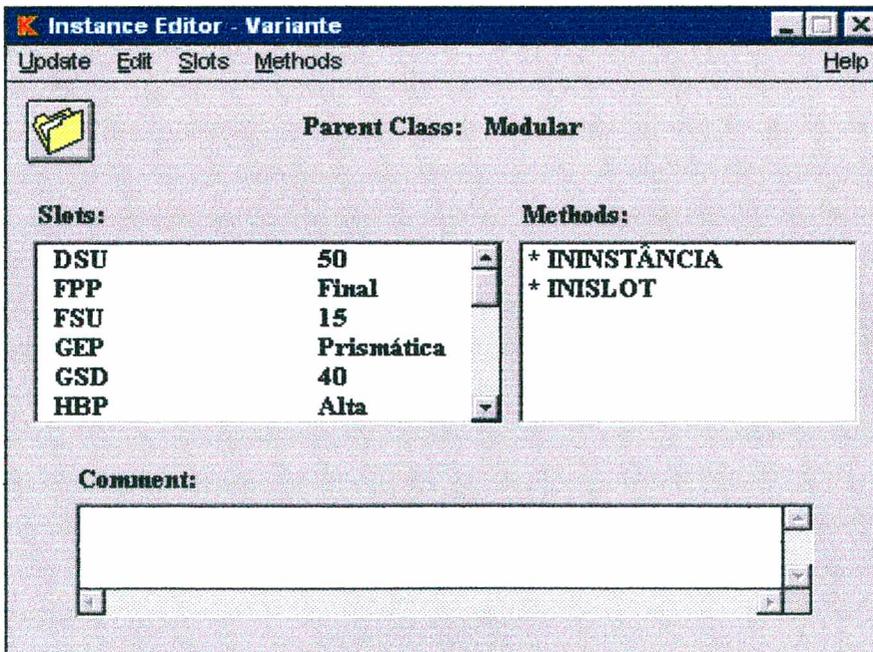
A seguir, é iniciada a tarefa de implantação propriamente dita, que se constitui nas programações dos objetos, das regras e das interfaces.

Na programação dos objetos, para cada classe, subclasse e instância final da árvore hierárquica, foram inseridos dezessete atributos com seus respectivos valores. Para isso, utilizaram-se os recursos *Class Editor*, *Instance Editor* e *Slot Editor*, conforme estão apresentados, em parte, nas Figuras 31, 32 e 33, respectivamente.



Fonte: Primária.

Figura 31 - Lista de atributos (slots) da classe "Modular".



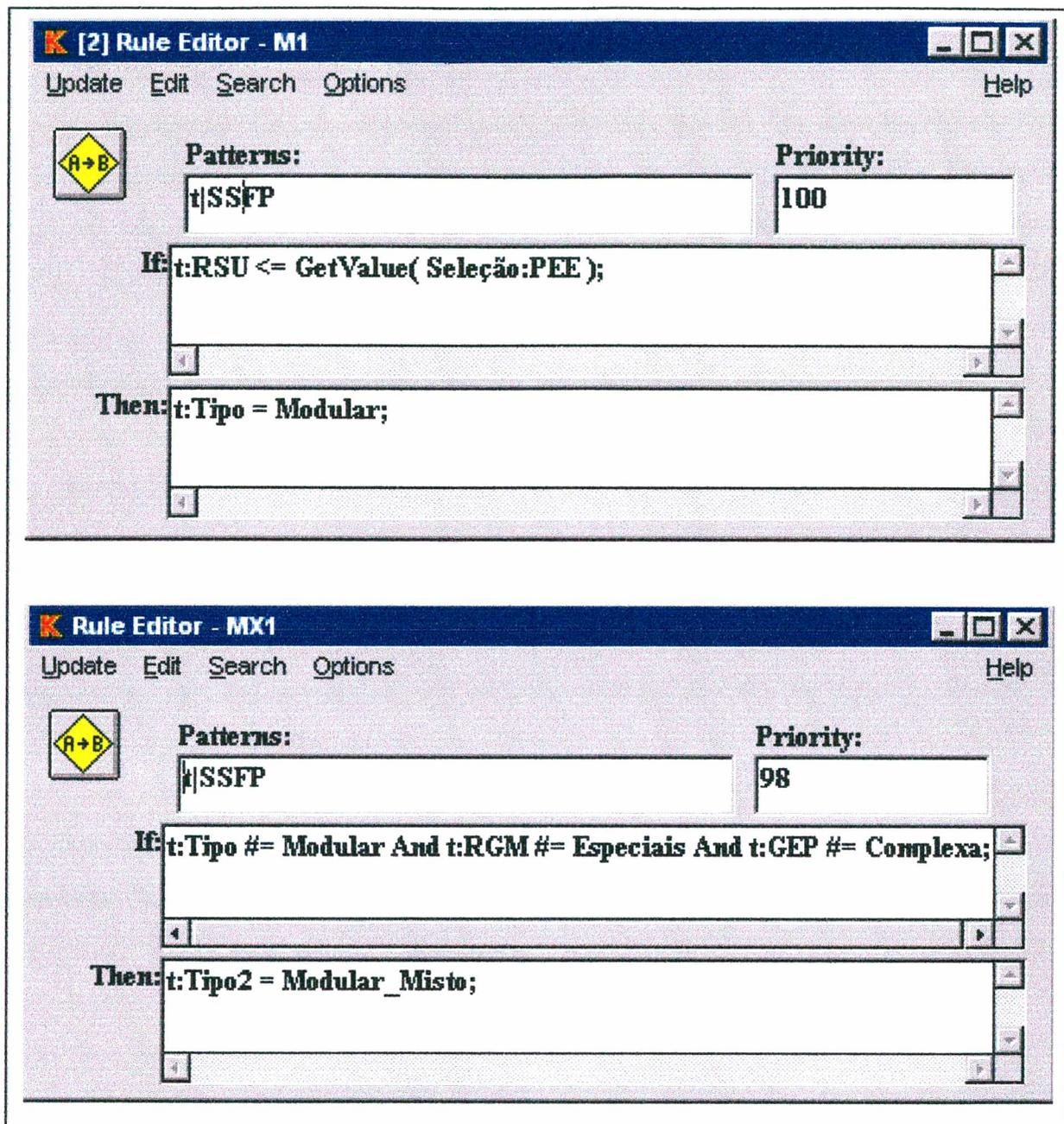
Fonte: Primária.

Figura 32 - Lista de atributos (slots) da instância "Variante".

Fonte: Primária.

Figura 33 – Faixa de valores do atributo FSU (Frequência dos *set-ups*) na instância *Usos_Geral*.

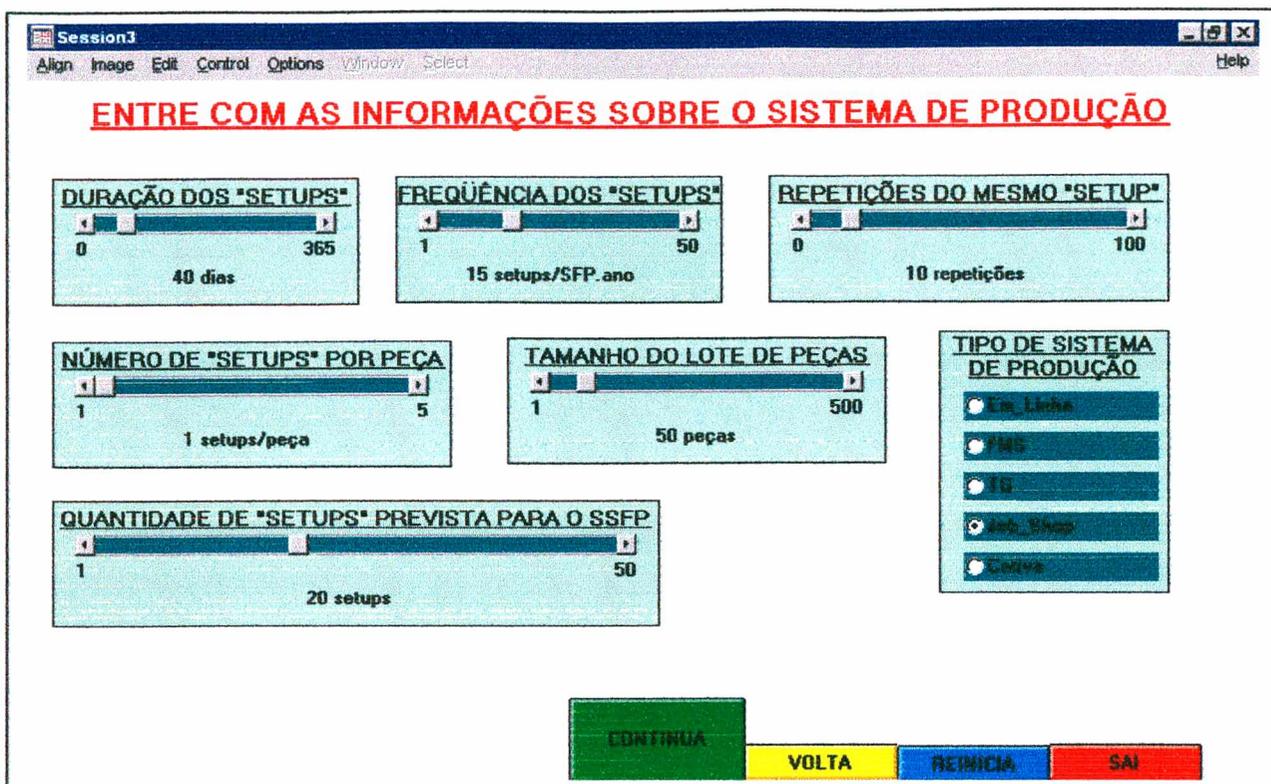
Esse protótipo de sistema especialista contempla quinze regras que compõem um conjunto de informações iniciais para a implantação do sistema, suficiente para efetivar a seleção de cada um dos tipos de SSFPs previamente classificados. Embora seja uma constatação óbvia, cabe enfatizar que as possibilidades de formulação de novas regras, e também de novos atributos, não estão esgotadas. Pelo contrário, elas devem ser incrementadas com base na delimitação do domínio do conhecimento. A Figura 34 mostra duas regras elaboradas através do recurso *Rule Editor* do Kappa-PC 2.3, as quais, no processo de inferência, estabelecem as ações IF – THEN para decidir a escolha do tipo de SSFP.



Fonte: Primária.

Figura 34 – Exemplo de edição de duas regras encadeadas.

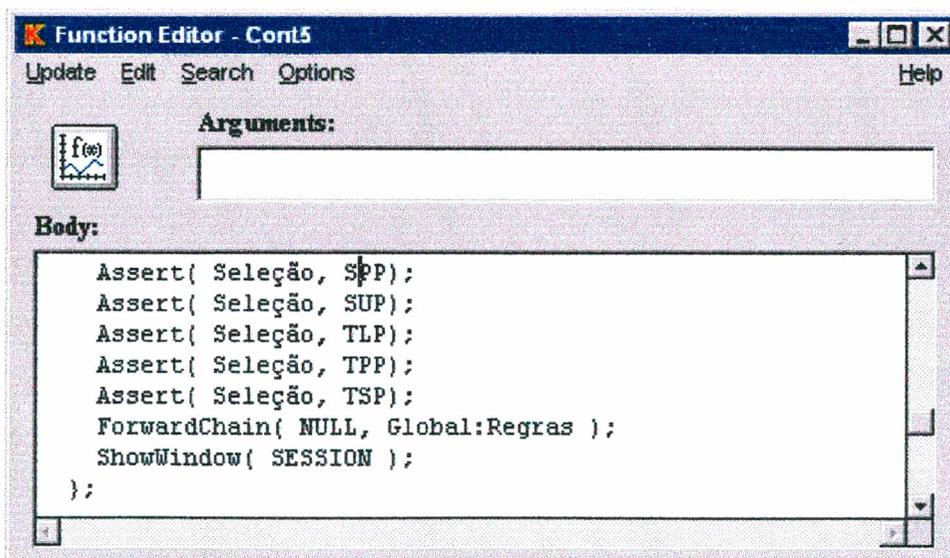
As interfaces com os usuários consistem em telas de entrada e saída de dados, por meio das quais são informados os valores dos atributos (características e dados da empresa associados ao seu SFP) e é apresentado o tipo de SSFP selecionado, respectivamente. Além disso, as telas de consulta possibilitam aos usuários acionarem o sistema especialista para o processamento das regras e para novas consultas. A Figura 35 apresenta uma das cinco telas de entrada elaboradas nesse protótipo por meio do recurso *Session* do Kappa-PC 2.3.



Fonte: Primária.

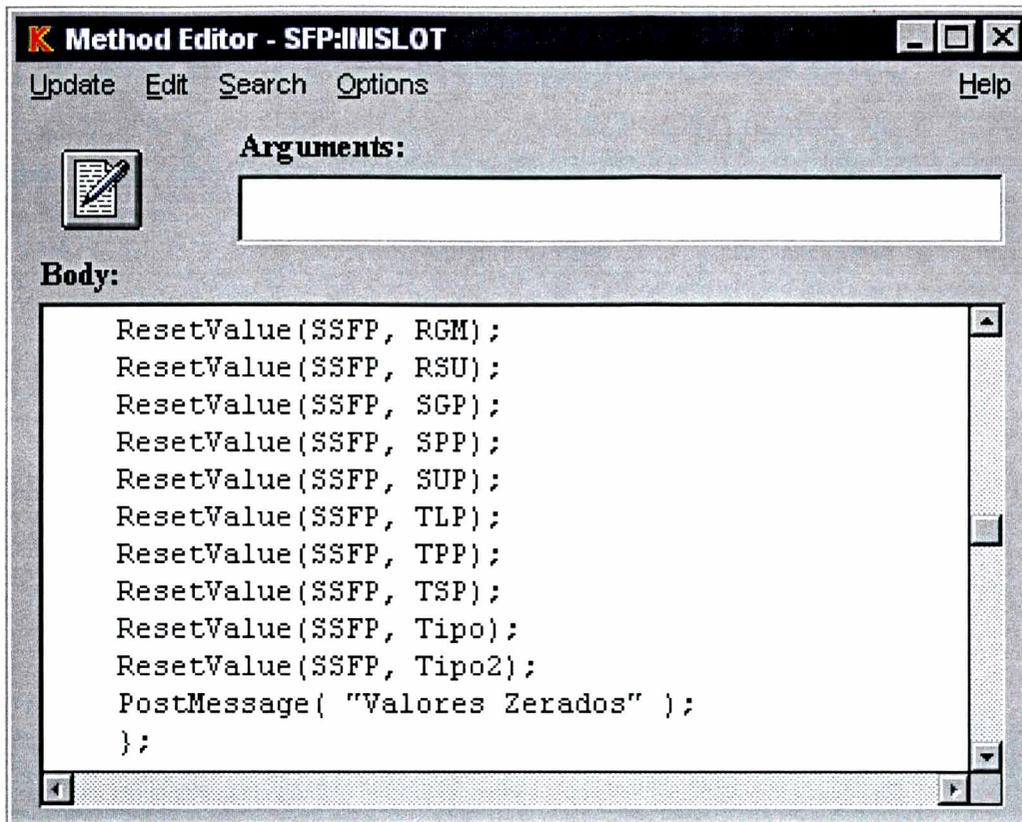
Figura 35 - Tela de consulta e entrada de dados.

O gerenciamento interno das interfaces (telas) é operacionalizado por dois tipos de programas elaborados em linguagem própria do Kappa-PC 2.3 (linguagem Kal). Esses programas são implementados através dos recursos *Function Editor* e *Method Editor*. Nas Figuras 36 e 37, podem ser observadas partes de uma função e de um método, respectivamente, concebidos neste trabalho para operacionalizar as telas de consulta e entrada de dados.



Fonte: Primária.

Figura 36 - Parte de uma função associada às telas de consulta.



Fonte: Primária.

Figura 37 - Parte de método associado às telas de consulta.

O processamento da seleção do tipo de SSFP pode ser disparado tanto pelo recurso *KAL Interpreter* quanto pelo *Rule Trace*. Após a inicialização dos valores dos atributos (*slots*) e com a ativação do mecanismo de inferência, obtém-se o resultado da seleção com base nos valores informados pelo usuário e no conhecimento embutido nas regras. Esse resultado pode ser apresentado tanto na forma de sentença quanto na forma de interface gráfica, esta última mostrada na Figura 38.

Por fim, é importante salientar que os valores de certos atributos usados no desenvolvimento acima, como o GCD (Grau de complexidade de DFP) e o PEE (Ponto de equilíbrio econômico), são introduzidos pelo usuário na base de conhecimento da *shell* somente depois de devidamente calculados. No entanto, o Kappa-PC 2.3 possibilita que a determinação desses valores, assim como outros cálculos, seja programada no próprio sistema ou importada para esse. Assim, as tarefas do usuário passam a ser apenas de fornecimento de dados e informações, consultas e leitura do resultado da seleção. Esse resultado, por sua vez, pode acionar uma função externa ao sistema especialista e intervir no ambiente real, se assim for desejado.



Fonte: Primária.

Figura 38 - Tela de consulta, inicialização e apresentação de resultados.

Esta etapa da proposta do modelo encerra a fase de associação de características da empresa com os tipos de SSFPs. Resulta, assim, o respectivo enquadramento dos SSFPs, que passa a orientar a estruturação da empresa na área de SFP, visando sistematizar o seu gerenciamento.

res. até p. 167

6.2.3. Etapa 3: Racionalização e organização da área de SFPs

A racionalização e a organização da área de SFPs, no contexto desta proposta de modelo, são ações consecutivas aplicadas sobre os recursos das empresas para que possa ser viabilizado o gerenciamento sistemático nessa área. Os recursos das empresas associados aos seus respectivos SFPs são os seguintes:

- DFPs e seus componentes, ou seja, os SSFPs;
- informações tecnológicas e administrativas;
- pessoas;
- computadores, programas e periféricos;

- máquinas e acessórios;
- peças;
- ferramentas;
- equipamentos de medição e controle;
- energia.

Estando os tipos de SSFPs associados às características das respectivas empresas, de acordo com os desenvolvimentos das etapas anteriores, as ações de racionalização e de organização não devem exercer mudanças significativamente perturbadoras sobre os recursos das empresas, mas, sim, colocá-los sob uma nova ótica. A rigor, apenas os quatro primeiros recursos listados devem sofrer ajustes em função das novas necessidades de racionalização e organização; os demais devem ser preservados pelos critérios de seleção intrínsecos da etapa 2 deste modelo. Eventualmente, as peças a serem fixadas poderão sofrer pequenas alterações de projeto visando facilitar a modularidade e a padronização dos SSFPs.

6.2.3.1 A racionalização na área de SFPs

A racionalização na área de SFPs consiste em reduzir a quantidade e a variedade de DFPs, de componentes de fixação e de informações relacionadas a ambos. Tal redução é balizada pelo tipo de SSFPs previamente selecionado na etapa 2 e pela necessidade e capacidade de produção. Uma referência importante para esse balizamento, além das características de cada tipo de SSFP selecionado, é o histórico ou estatística da frequência de uso e da quantidade de componentes de SSFPs efetivamente usados na empresa. Os resultados esperados da racionalização da área de SFPs são, principalmente, os seguintes: estoques ajustados às necessidades reais do sistema de produção e componentes de fixação condizentes com o tipo de SSFP selecionado e com a sua aplicação.

Existem quatro maneiras possíveis de efetivar a racionalização na área de SFPs, dependendo da conformidade dos recursos disponíveis com o novo tipo de SSFP selecionado, as quais devem ser usadas como diretrizes básicas da racionalização.

A primeira possibilidade é a **transformação gradual** dos componentes de fixação ou dos SSFPs Dedicados em Modulares. Essa condição é apropriada nas seguintes situações:

- quando o SSFP selecionado é do tipo Dedicado-Permanente e a empresa não adota modularização ou projeto modular;
- quando o SSFP selecionado é do tipo Modular-Misto, pois os componentes não modulares destes SSFPs devem ser modularizados;
- quando o SSFP selecionado é do tipo Modular-Customizado e existe a necessidade de algum componente especial, pois este deve ser modularizado.

A segunda possibilidade é a **substituição parcial** dos componentes de fixação ou dos próprios DFPs, situação que se aplica quando:

- o SSFP selecionado é do tipo Modular-Generativo e a empresa adota componentes ou DFPs Dedicados e SSFPs Modulares no mesmo sistema produtivo;
- a empresa usa apenas SSFPs do tipo Uso-Geral, independentemente do tipo de SSFP selecionado.

Outra possibilidade é a **substituição total** dos componentes ou dos SSFPs completos, que ocorre quando:

- o SSFP ou DFP selecionado é do tipo Dedicado-Temporário;
- a seleção indicar o uso de SSFP Modular de qualquer classe (MG, MX, MC, MV), porém a empresa adota SSFP ou DFP do tipo Dedicado-Permanente;
- a empresa dispõe dos componentes de fixação ou dos DFPs que estão em conformidade com o tipo de SSFP selecionado, mas esses, na sua totalidade, não atendem aos requisitos de processo por estarem danificados, desgastados, tecnologicamente defasados ou com dimensões e formas inadequadas.

Uma quarta maneira de efetivar a racionalização, e que pode ocorrer simultaneamente com uma das possibilidades anteriores, é pela **eliminação parcial** de componentes ou do DFP. Essa situação se aplica quando:

- a empresa dispõe dos componentes ou dos DFPs que estão em conformidade com o tipo de SSFP selecionado, mas alguns desses estão danificados, desgastados, defasados ou com dimensões e formas inadequadas;
- há excesso de componentes ou de DFPs na empresa para atender às necessidades do sistema produtivo.

Alguns fatores situados em nível de empresa podem influenciar na maior ou menor facilidade de racionalização da área de SFPs, entre os quais se destacam a

consistência dos setores de Projetos e de Compras, a política de estratégias da empresa e o nível de conscientização do pessoal da fábrica. Por exemplo, quando a empresa dispõe de um departamento de Projetos bem estruturado e eficiente, tem facilidade de efetivar a racionalização através da transformação de DFPs Dedicados em SSFPs Modulares; ou quando um setor de Compras competente facilita a racionalização da área de SFPs pela substituição necessária de componentes de fixação existentes por outros modulares comercialmente disponíveis; ou, ainda, no caso de empresas que adotam uma política estratégica de atualização permanente para a competitividade, as quais tendem a dispor de maior facilidade para racionalizar a área de SFPs pela substituição e eliminação de componentes impróprios.

Cabe lembrar que existem técnicas gerenciais para controle de processo, como o método PDCA⁴ (Campos, 1992), e procedimentos de conduta humana, como o programa 5S⁵ (Campos, 1992), as quais podem constituir-se em ferramentas de apoio à racionalização na área de SFPs.

Salienta-se que a racionalização das entidades físicas da área de SFPs resulta na redução das informações e dos recursos necessários para o seu processamento. Essa redução abrange diversos setores da empresa, como Compras, Almoxarifado, Engenharia de Processos, Engenharia de Projetos e Chão-de-fábrica.

Em suma, a racionalização na área de SFPs representa a redefinição dos seus recursos para possibilitar o início de um processo de organização orientado pelo tipo de SSFP e direcionado ao gerenciamento sistemático.

6.2.3.2 A organização na área de SFPs

O objetivo da organização na área de SFPs é prover e ordenar os recursos físicos e as informações envolvidas com os SSFPs selecionados, para que sua operacionalização possa se efetivar de forma lógica e sistemática no âmbito da empresa.

Basicamente, quatro ações efetivam a organização na área de SFPs, a saber:

- o arranjo físico em relação ao SFP da empresa;
- a informatização dos SFPs no âmbito da empresa;

⁴ PDCA é um método de controle de processo (P=Plan; D=Do; C=Check; A=Action).

⁵ 5S: Programa de origem japonesa para o melhoramento contínuo, baseado no ser humano (Seiri=arrumação; Seiton=ordenação; Seisoh=limpeza; Seiketsu=asseio; Shitsuke=auto-disciplina).

- os sistemas de classificação e de codificação para os SSFPs;
- a qualificação de recursos humanos envolvidos nos SFPs das empresas.

a) O arranjo físico em relação ao SFP da empresa

A cada tipo de SSFP selecionado corresponde um perfil de empresa ou de sistema de produção. Nesse perfil se baseia o modelo de arranjo físico para o SFP de maneira que atenda satisfatoriamente às necessidades administrativas relacionadas com os DFPs e seus componentes. Isso implica definir corretamente a localização dos Almoxarifados, da área de montagem e do controle dos SSFPs. O detalhamento do *layout* interno de Almoxarifados, embora seja uma questão organizacional, não está contemplado no escopo deste trabalho. Assim, as diretrizes e recomendações fundamentais para o arranjo físico do SFP, tomando por base os tipos de SSFPs previamente selecionados, são as seguintes:

- Quando o SSFP selecionado é do tipo MG, MX ou MC⁶, ou quando os componentes forem totalmente ou predominantemente modulares comerciais, deve-se ter:
 - Almoxarifado Central e, possivelmente, junto ao Almoxarifado de Ferramentas;
 - controle geral de DFPs e de componentes de fixação no próprio Almoxarifado Central;
 - montagem nas dependências do Almoxarifado Central.
- Quando o SSFP selecionado é do tipo MV⁷, deve-se ter:
 - Almoxarifado Setorial com alocação por grupo ou célula de fabricação;
 - controle geral de DFPs e de componentes de fixação centralizado na Engenharia de Processos;
 - montagem na célula junto ao Almoxarifado Setorial.
- Quando o SSFP selecionado é do tipo DP⁸, recomenda-se realizar:
 - armazenamento dos DFPs com seus componentes montados ou não junto às respectivas linhas de produção. Dependendo das dimensões dos DFPs, devem-se usar armários ou destinar áreas físicas protegidas para efetuar o armazenamento;

⁶ MG: Modular-Generativo; MX: Modular-Misto; MC: Modular-Customizado

⁷ MV: Modular-Variante

⁸ DP: Dedicado-Permanente

- controle geral de DFPs e de eventuais componentes localizado no ambiente da linha de produção e supervisionado pela Engenharia de Projetos;
- montagem na Ferramentaria, quando o projeto e a construção do SSFP não forem terceirizados.
- Quando o SSFP selecionado é do tipo DT⁹, recomenda-se:
 - dispensar almoxarifados ou depósitos de SSFPs;
 - fazer o controle geral dos DFPs pela Engenharia de Projetos;
 - fazer a montagem na Ferramentaria, quando o projeto e a construção dos DFPs não forem terceirizados.
- Quando o SSFP selecionado é do tipo U¹⁰, deve-se:
 - manter Almoxarifado Central, que pode ser o mesmo usado para os SSFPs dos tipos MG, MX ou MC, caso um destes seja selecionado. Lembra-se que os SSFPs tipo U coexistem com os demais tipos; em caso contrário, o Almoxarifado Central deve ser exclusivo para SSFPs tipo U. Excepcionalmente, no caso de um setor da produção ser constituído predominantemente por tornos, o respectivo Almoxarifado pode ser Setorial e direcionado ao armazenamento de placas de fixação e de seus componentes;
 - realizar controle geral de SSFPs no próprio Almoxarifado Central;
 - fazer a montagem nas dependências do Almoxarifado.

b) Os sistemas de classificação e de codificação para SSFPs

A operacionalização de qualquer sistema de gerenciamento em chão-de-fábrica exige uma estrutura funcional de informações. Em particular, o gerenciamento sistemático de SFPs, principalmente se auxiliado por computador, necessita, preliminarmente, de uma estrutura organizacional para os dados e as informações. Isso implica organizar as informações tecnológicas, geométricas e administrativas de uma forma sistêmica, de maneira que possam ser transformadas em uma representação lógica e operacional. Essa estruturação organizacional de informações é realizada através da concepção e do desenvolvimento de um Sistema de Classificação e Codificação (SCC) dos itens a serem gerenciados, que, no caso, são os DFPs e seus componentes individuais.

⁹ DT: Dedicado-Temporário

¹⁰ U: Uso-Geral ou Especial

O desenvolvimento de um sistema de classificação e codificação apresenta dois aspectos fundamentais: as características genéricas e as específicas. As características genéricas são predominantemente representativas da eficiência do código, sem levar em consideração o domínio da aplicação. Entre essas características destacam-se a abrangência, a expansividade, a adaptabilidade, a aplicabilidade computacional e a simplicidade. Por outro lado, as características específicas representam os objetivos da aplicação do SCC em um domínio bem definido. Entre as características específicas estão, por exemplo, a padronização, a integração entre setores fabris, a reutilização de itens, entre outras, próprias de cada aplicação.

Para o domínio particular do gerenciamento de SFPs, na forma como está proposto neste trabalho, os objetivos do respectivo SCC são os seguintes:

- contribuir para a modularidade e a padronização dos SSFPs nas empresas;
- disponibilizar um sistema de codificação flexível visando a uma aplicação versátil;
- agilizar o fluxo das informações referentes a SSFPs e aprimorar o seu entendimento;
- facilitar a identificação de DFPs e de seus componentes no âmbito das empresas;
- racionalizar a comunicação referente à área de SFPs entre os diversos setores das empresas e entre fornecedores e usuários;
- facilitar a integração entre setores das empresas nas atividades que envolvam SSFPs;
- viabilizar e otimizar o uso de banco de dados no fornecimento de informações para as atividades de projeto e administração de SSFPs e de processos de fabricação;
- facilitar a seleção e a busca de componentes de SSFPs para novas montagens;
- otimizar e racionalizar os controles logístico e estratégico através da facilitação e agilização do monitoramento de estoque, de fluxo e da localização dos DFPs e de seus componentes.

Para o atendimento dos objetivos listados, o SCC deve preencher uma série de requisitos correspondentes, conforme se descreve em seqüência.

Primeiramente, para que o SCC possa contribuir para a modularidade e padronização de SSFPs, deve apresentar uma estrutura de classificação

fundamentada na sistemática de projeto modular, sendo os componentes dos DFPs classificados na forma de famílias originadas por suas funções. Além disso, cada componente deve ser considerado um módulo independente e indivisível no cumprimento de sua função, mas que pode ser combinado com outros módulos para o atendimento de uma função global. Assim, todos os componentes classificados podem ser considerados indivíduos modulares padronizáveis.

A codificação flexível e versátil exige que os campos significativos do código, preestabelecidos na estrutura de codificação, apresentem espaço e liberdade de escolha para os caracteres, suficientes para que a simbologia dos dígitos seja mnemônica e customizável.

Para que o entendimento do SCC possa ser aprimorado, a estrutura de classificação deve constituir-se numa árvore hierárquica cujo desdobramento permita orientar o usuário, com base nos atributos dos componentes classificados, quando da procura do componente desejado ou mais adequado. Para o atendimento desse mesmo objetivo de SCC, a estrutura de codificação deve apresentar um formato com separação nítida dos seus campos significativos, e estes, por sua vez, devem ser codificados de forma mnemônica. Dessa maneira, é possível conceber códigos que, embora relativamente longos, são consistentes em termos de informações, sem prejuízo à sua facilidade de interpretação.

A agilização do fluxo das informações, a racionalização da comunicação entre setores e sua integração, bem como a utilização de bancos de dados são objetivos do SCC dependentes da facilidade de seu entendimento e, em razão disso, os requisitos descritos no parágrafo anterior também se aplicam nesse caso. Porém, a substancial contribuição para o atendimento desses objetivos e requisitos cabe ao uso do computador. Assim, é recomendável que a estrutura de codificação seja concebida de acordo com a lógica computacional e que os campos significativos dos códigos sejam representados exclusivamente por caracteres comuns a todos os teclados de computadores. Portanto, caracteres especiais, como letras gregas, pontuações e símbolos, devem ser evitados.

A facilitação de identificação dos DFPs e de seus componentes através de um SCC e a facilitação de busca e seleção para novas montagens requerem do sistema de codificação a representatividade das características funcionais dos componentes de SSFPs, além da forma e dimensão mais significativas.

A racionalização da comunicação entre fornecedores e usuários de SSFPs, principalmente quando os componentes são modulares, requer a associação do código

gerado pelo fabricante com o respectivo código concebido pelo usuário, sendo que o segundo deve conter o primeiro.

A otimização e racionalização do controle de SSFPs requerem, primordialmente, compatibilidade sintática entre o sistema de codificação e o respectivo software gerenciador do banco de dados dos componentes de fixação. No entanto, os requisitos relacionados com a facilidade de entendimento do SCC, obviamente, aplicam-se para melhorar o controle desses componentes.

Em suma, os requisitos de um SCC voltado ao gerenciamento de componentes de SSFPs são os seguintes: classificação baseada no princípio modular e funcional; classificação hierárquica por famílias; desdobramento lógico e orientativo das subclasses; codificação mnemônica das características funcionais; uso de separadores de campos significativos nos códigos; informação de forma e de dimensão no código; inclusão da referência do fabricante no código do usuário e estrutura de código compatível com a aplicação computacional. Além desses requisitos específicos, uma série de outras considerações comuns no desenvolvimento de SCC foram adotadas na concepção do SCC proposto neste trabalho. Porém, entende-se que o relato de tais considerações é prescindível nesse contexto, uma vez que ampla literatura sobre o assunto encontra-se disponível (Stevan et alii, 1997; Liu, 1995; Lorini, 1993; Saint-Chely et alii e Jiang, 1988).

b.1) Sistema de Classificação

Com base no exposto, foi desenvolvido o SCC de componentes de SSFPs, cuja árvore hierárquica de famílias está apresentada, até o segundo nível de desdobramento, na Figura 39.

No primeiro nível de desdobramento da árvore, as famílias representam o enquadramento das funções dos componentes de SSFPs sob a ótica do projeto modular. Assim, têm-se os componentes básicos, auxiliares, adaptativos e especiais (Pahl & Beitz, 1996; Maribondo, 1997 e Pereira, 1991).

Os componentes de função básica são aqueles que estão presentes em todas as concepções variantes de um SSFP e formam a base do SFP da empresa, sendo, portanto, considerados de importância essencial. Invariantes em seu princípio, podem ser concebidos em diferentes formas, dimensões e acabamentos.

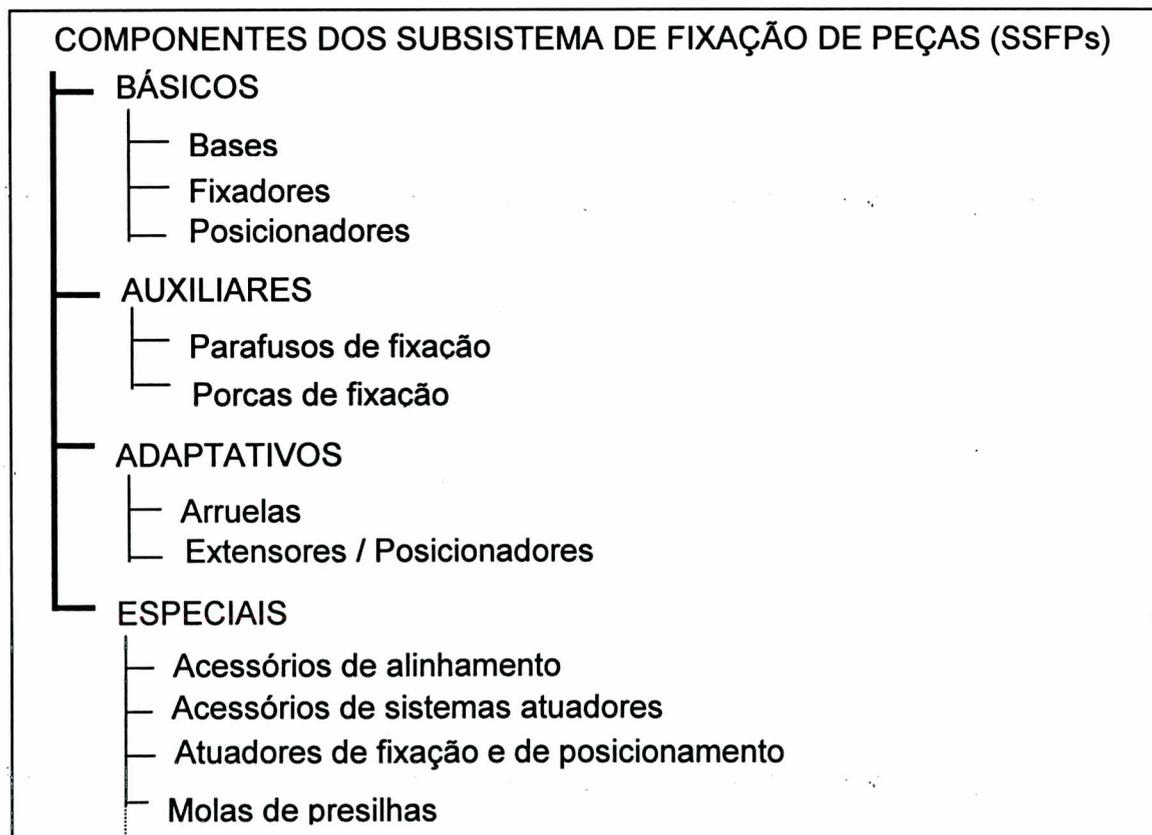
Os componentes de função auxiliar são os que atendem às tarefas de união dos componentes de função básica; são considerados também de importância essencial

para o SFP da empresa. Geralmente, são normalizados e estão disponíveis no mercado.

Os componentes de função adaptativa são concebidos para a adequação dos componentes existentes com base em novos requisitos, como, por exemplo, outras dimensões e novos posicionamentos no *lay-out* de montagem de cada DFP. Dependendo das atribuições dos SSFPs, podem ser considerados como componentes essenciais ou opcionais do SFP da empresa.

Os componentes de função especial são aqueles que se destinam ao atendimento de tarefas com funções e subfunções específicas dos DFPs. Conseqüentemente, não aparecem em todas as variantes dos SSFPs, sendo considerados, pela sua importância, como componentes possíveis. Podem ser constituídos por elementos individuais ou por um conjunto indivisível de elementos, de maneira que o subconjunto de componentes de um SSFP dedicado pode tornar-se um módulo especial de outro SSFP.

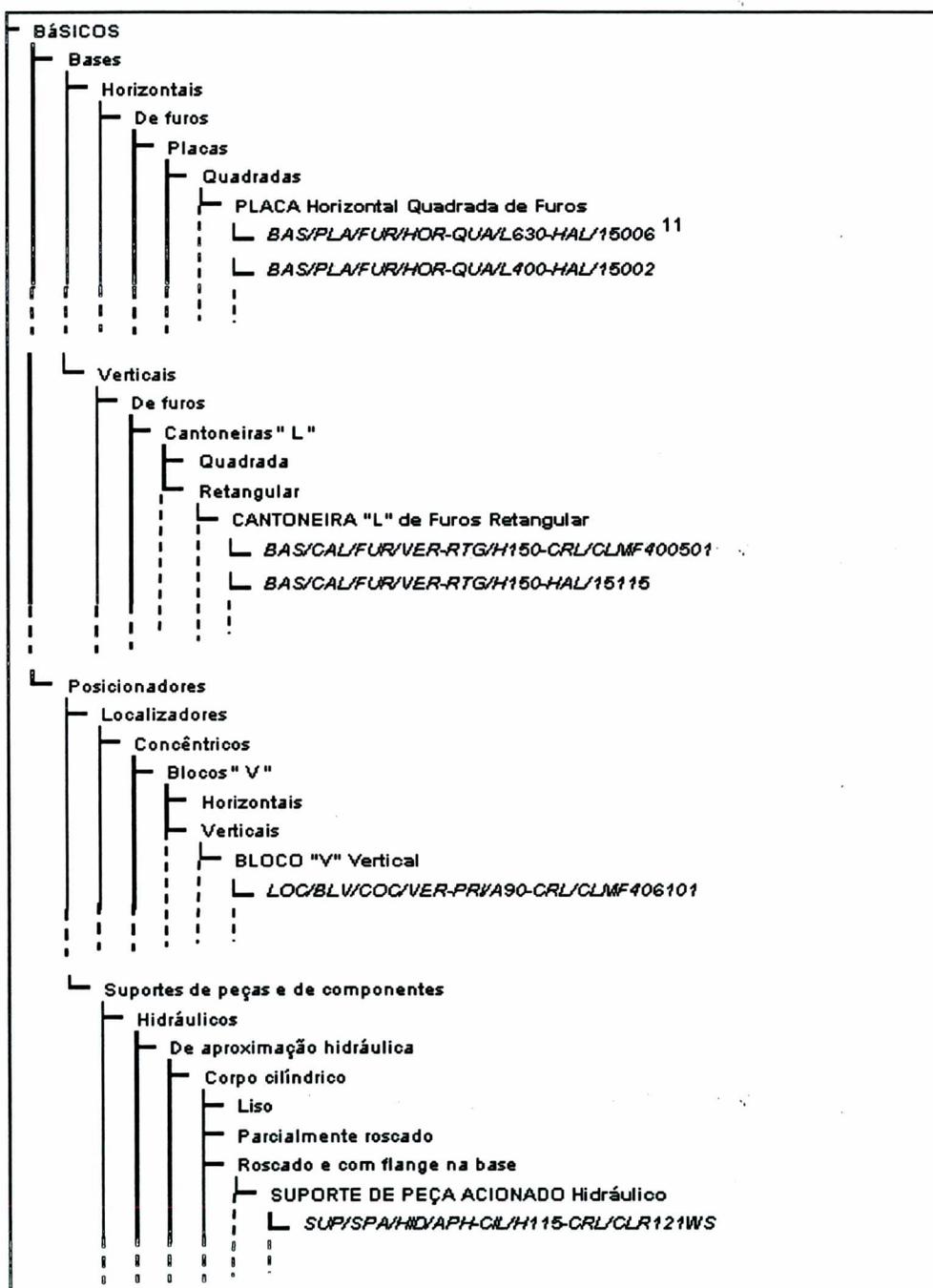
No segundo nível de desdobramento, a árvore de famílias apresenta os tipos de componentes de acordo com a sua função principal nos SSFPs. É justamente neste nível que, se for o caso, serão classificados os componentes especiais modularizados a partir de DFPs Dedicados.



Fonte: Primária.

Figura 39 - Famílias de componentes de SSFPs em dois níveis de desdobramento.

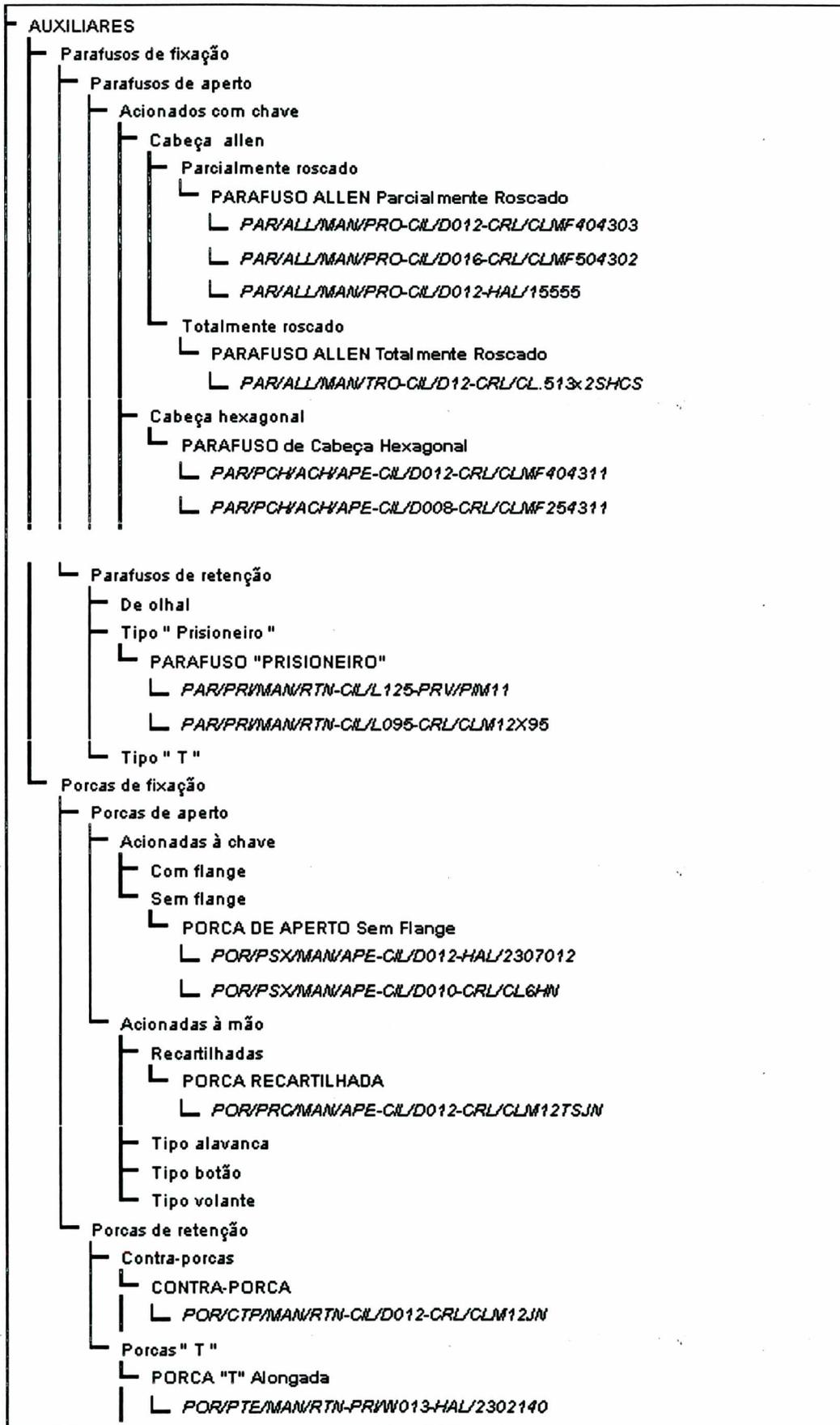
Nas Figuras 40 a 43, estão apresentados os desdobramentos de algumas subfamílias de segundo nível dos componentes de SSFPs em cada classe de primeiro nível, ou seja, para os componentes básicos, auxiliares, adaptativos e especiais. A formação das subfamílias a partir do terceiro nível fundamenta-se nas características funcionais, operacionais e geométricas dos componentes, de maneira a ter, do ponto de vista do usuário, uma ramificação lógico-orientativa.



Fonte: Primária.

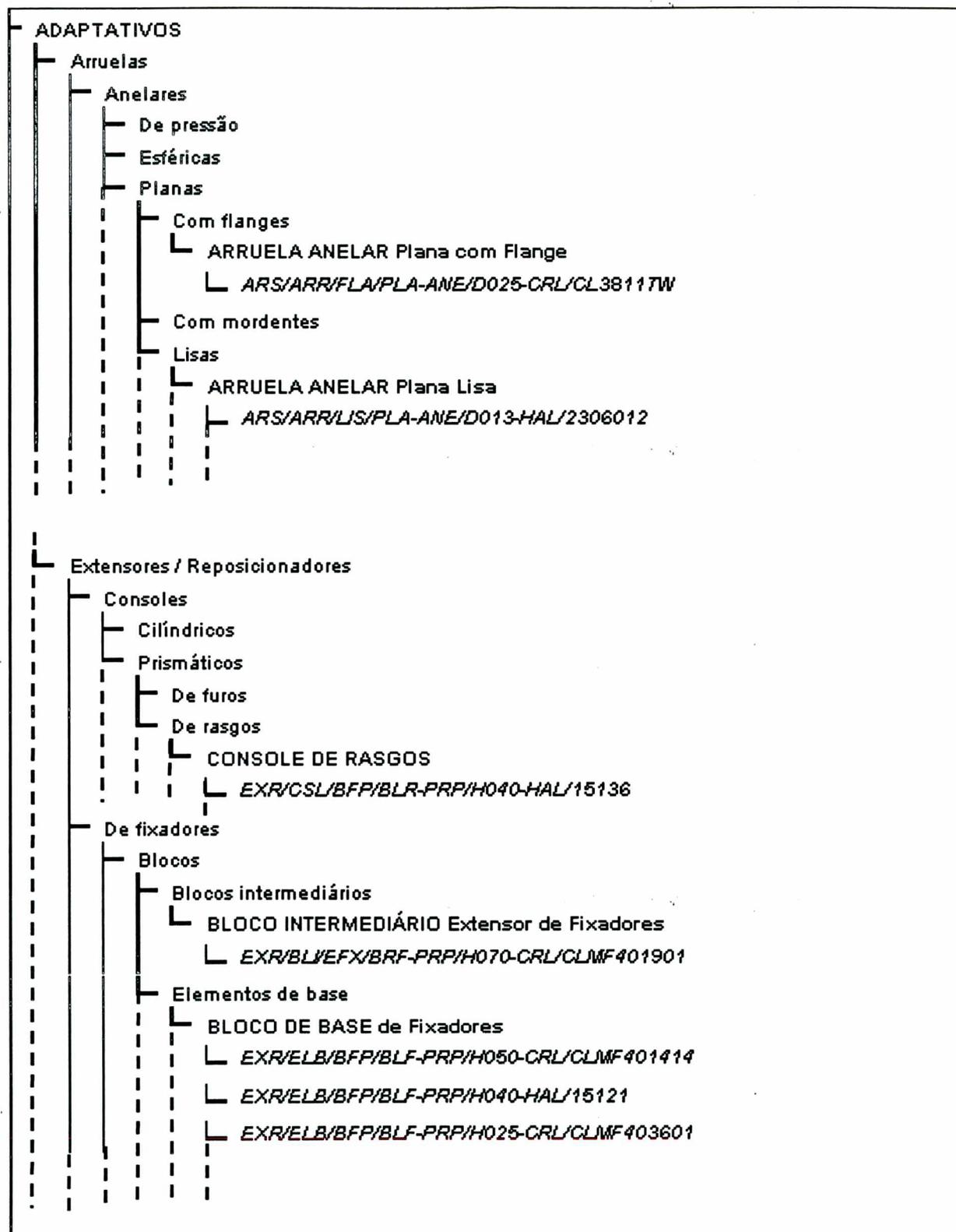
Figura 40 - Subfamília de componentes básicos.

¹¹ Código de item-fim dos componentes de fixação, estruturado segundo o sistema de codificação descrito na próxima seção.



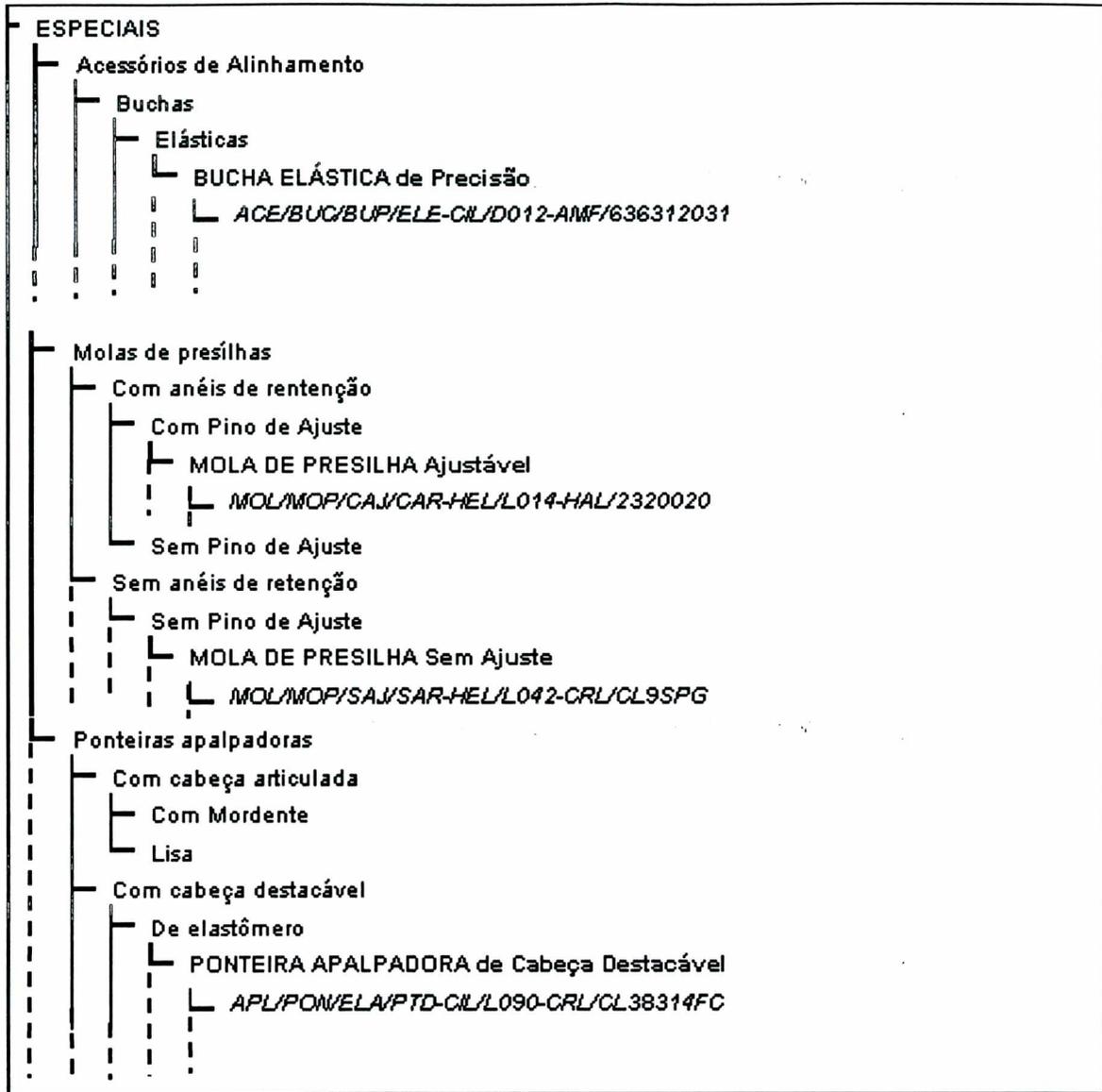
Fonte: Primária.

Figura 41 - Subfamília de componentes auxiliares.



Fonte: Primária.

Figura 42 - Subfamília de componentes adaptativos.



Fonte: Primária.

Figura 43 - Subfamília de componentes especiais.

O número de níveis em desdobramento é função da dificuldade causada pela variedade de características dos componentes na concepção e na representatividade dos respectivos códigos. Assim, recomenda-se que não sejam ultrapassados cinco níveis de subfamílias entre o segundo nível e o item-fim¹², ou seja, a classificação deve limitar-se a sete níveis de famílias. As informações adicionais consideradas relevantes devem ser inseridas junto às especificações do item-fim, fora da árvore de classificação. Entende-se que a representação de mais de cinco características no código do componente torná-lo-á não mnemônico ou exigirá uma quantidade demasiadamente grande de dígitos.

¹² Elemento indivisível de uma família de objetos que contém atributos e valores de sua caracterização.

Recomenda-se o uso das três primeiras letras do nome da palavra cuja informação é considerada significativa. Caso possa ocorrer reincidência de código de campo, este deve ser composto por letras alternativas e representativas da informação. Assim, por exemplo, para a informação de nome “reto”, o código de campo será “RET” e, para o nome “retangular”, o código poderá ser “RTG”.

O campo **f** é formado por um caracter alfabético seguido por três dígitos numéricos. O caracter, neste caso, simboliza o tipo da dimensão mais significativa do componente, ao passo que os números informam o valor dessa dimensão em milímetros. Caso o valor da dimensão não requeira os três dígitos, os campos que supostamente ficarão ociosos deverão ser preenchidos com “0” (zero).

O campo **g** destina-se à identificação do nome do fabricante ou da norma internacional segundo a qual o componente está registrado. Esse campo também é formado por três caracteres alfabéticos, a exemplo daqueles do grupo I.

O campo **h** representa o código do fabricante ou o número da norma internacional referente ao componente. É o único campo da estrutura que não necessita ser totalmente preenchido, desde que os espaços vazios correspondam à extremidade direita da estrutura de codificação. Caso o código do fabricante ou o número da norma tiverem separadores (símbolos ou espaços em branco), esses devem ser omitidos ao dar entrada no campo **h**.

Nas Tabelas 28 a 34, a seguir, é proposto um glossário de códigos de campos referentes aos componentes classificados na seção anterior. Salienta-se que esse glossário serve apenas como sugestão e que a simbologia dos códigos referentes aos campos **a**, **b**, **c**, **d**, **e**, **g** deve ser gerada mnemonicamente e de acordo com a conveniência da empresa usuária.

Tabela 28 - Glossário de códigos para o campo **a** (Tipo funcional).

a - Tipo funcional	
ACE : Acessórios especiais	FIX : Fixadores
APL : Apalpadores	LOC : Localizadores
ARS : Arruelas	MOL : Molas
BAS : Bases	PAR : Parafusos
EXR : Extensores / Reposicionadores	POR : Porcas
	SUP : Suportes

Fonte: Primária.

Tabela 29 - Glossário de códigos para o campo **b** (Nome do componente).

b - Nome do componente	
ALÇ : Alça	PIA : Pino de apoio regulável
AFP : Atuador de fixação e de posicionamento	PIB : Pino ajustável basculante
AGR : Adaptador para grampo	PII : Pino de apoio indexável
ARR : Arruela	PIR : Pino de apoio rígido
ASU : Adaptador para suporte	PON : Ponteira apalpadora
BLI : Bloco intermediário	POA : Porca de apoio
BLV : Bloco "V"	PCH : Parafuso de cabeça hexagonal
BPD : Bloco posicionador deslizante	PFT : Parafuso tipo "T"
BUC : Bucha	PLC : Placa
CAL : Cantoneira "L"	PLT : Plataforma
CAP : Cilindro de apoio	PPA : Pino posicionador de aresta
CAT : Cantoneira "T"	PRC : Porca recartilhada
CSL : Console	PRE : Presilha
CHR : Chapa de apoio rígida	PRI : Parafuso tipo "Prisioneiro"
CTP : Contra-porca	PSX : Porca sextavada
ELB : Elemento de base	PTE : Porca "T"
GAR : Garra	RDA : Régua de dupla aresta
GRA : Grampo rápido articulado	REG : Régua de posicionamento
MFU : Máscara de furação	SPA : Suporte de peça acionado
MOP : Mola para presilha	TOR : Torre
PAS : Pino de assentamento	

Fonte: Primária.

Tabela 30 - Glossário de códigos para o campo **c** (Característica operacional).

c - Característica operacional	
AAJ : Auto-ajustável	EFX : Extensor de fixadores
ACH : Acionado (a) com chave	ELA : Elastômero
ALC : Alavanca de came	EPO : Extensor de posicionadores
AMA : Acionamento manual	FLA : Com Flange
BFP : Base de fixadores e posicionadores	FUR : De furos
BLP : Bloco posicionador	LIS : Liso (a)
BUP : Bucha de precisão	MAN : Manual
CAJ : Com ajuste	HID : Hidráulico (a)
COC : Concêntrico (a)	RAS : De rasgos
DCT : De castanhas	RAC : De rabaixo axial cilíndrico
DPR : De pino roscado	SAJ : Sem ajuste

Fonte: Primária.

Tabela 31 - Glossário de códigos para o campo **d** (Complemento operacional).

d - Complemento operacional	
APE : Para aperto	EMB : Embutido (a)
APH : De aproximação hidráulica	FLB : Flange na base
AUC : Autocentrante	GAJ : Grande ajuste e pequena retração
BEN : Bloco com êmbolo de ação negativa	GRC : Garra curta
BFR : Bloco de furos e rasgos	GRL : Garra longa
BLF : Bloco de furos	HOR : Horizontal
BLR : Bloco de rasgos	HEV : Horizontal e vertical
BNF : Balancin fixo	LAT : Lateral
BNR : Balancin regulável	LEN : Aperto lento
BPE : Base perfilada	ORI : Para orientação
BRB : Braço basculante	PAJ : Pequeno ajuste e grande retração
BRF : Braço fixo	PES : Ponta esférica
CAR : Com anel de retenção	PLA : Plano (a)
CEN : Cilindro com êmbolo de ação negativa	PRO : Parcialmente roscado
CIE : Cilindro extensor	PTD : Ponta destacável
DUF : Duplas faces	QUF : Quádruplas faces
ECC : Êmbolo em cilindro tipo cartucho	RAP : Aperto rápido
ECP : Êmbolo em cilindro parcialmente roscado	REB : Rebaixado
ECR : Êmbolo em cilindro com colar roscado	RTN : Para retenção
ECT : Êmbolo em cilindro totalmente roscado	SAR : Sem anel de retenção
ELE : Elástico (a)	SIM : Simples
ELT : Para elevação e transporte	TRO : Totalmente roscado
ESF : De esfera articulada	VAZ : Vazado (a)
	VER : Vertical

Fonte: Primária.

Tabela 32 - Glossário de códigos para o campo **e** (Forma mais significativa).

e - Forma mais significativa	
ANE : Anelar	GRF : Em forma de garfo
ANG : Angular	HEL : Helicoidal
BAC : Barra curvilínea	PER : Perfilado
BAR : Barra retilínea	PRI : Prismático (a)
BAV : Barra vazada	PRP : Paralelepípedo
CIL : Cilíndrico (a)	QUA : Quadrado (a)
COL : Colunar	RED : Redondo (a)
CUB : Cúbico (a)	REZ : Rebaixado (a) em "Z"
EEL : Em forma de "L"	RTG : Retangular

Fonte: Primária.

Tabela 33 - Glossário de códigos para o campo f (Dimensão mais significativa).

e - Forma mais significativa	
A : Ângulo	P : Profundidade
D : Diâmetro	T : Espessura
H : Altura	W : Largura
L : Comprimento	

Fonte: Primária.

Tabela 34 - Glossário de códigos para o campo g (Fabricante ou norma internacional)

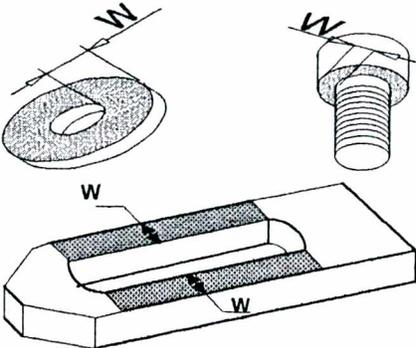
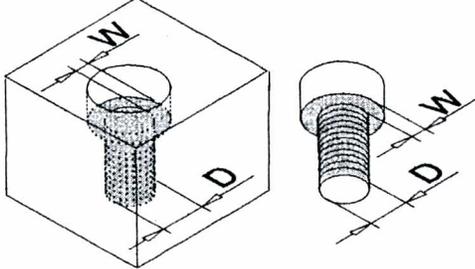
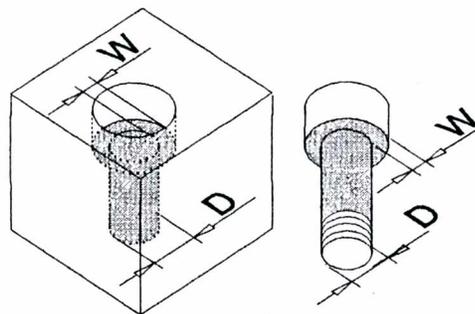
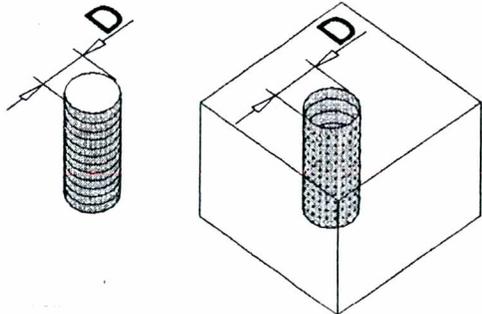
e - Forma mais significativa	
AMF : Amf-Fixo	HAL : Halder
AUB : Autoblok	IND : Indústécnica
BLU : Bluco	ISO : Norma ISO
CRL : Carr Lane	PRV : Previsão
DIN : Norma DIN	

Fonte: Primária.

No universo de formas geométricas dos componentes de SSFPs, a identificação dos tipos de seus encaixes representa um papel fundamental no gerenciamento, uma vez que influi diretamente na facilidade de pesquisa e recuperação dos componentes de uma determinada montagem. Para essa finalidade, dispõe-se da técnica de encaixes dianteiro (ED) e traseiro (ET) (Boehs, 1994). De acordo com essa técnica, todos os componentes têm seus encaixes identificados com a forma geométrica, eventualmente acompanhada da dimensão significativa. Dessa maneira, quando ocorrer a coincidência no confronto entre o ED de um componente com o ET de outro, e vice-versa, estará habilitada a conexão de ambos, desde que as demais exigências da montagem estejam atendidas. Assim, um importante recurso para a montagem dos componentes de SSFPs é o sistema de codificação de encaixes, o que viabiliza o processamento computacional.

Na Tabela 35, estão apresentados diversos códigos de encaixes para componentes de SSFPs, cujo modelo pode ser complementado com informações dimensionais, constituindo uma estrutura de codificação aplicável ao desenvolvimento de uma metodologia para montagem automática de DFPs. As superfícies escurecidas das figuras da Tabela 35 representam as formas geométricas dos encaixes ED-ET e as letras (W, D, L, H, P,A) significam os seus parâmetros dimensionais.

Tabela 35 - Códigos de encaixe ED-ET.

Código	Descrição	Exemplo de Aplicação	Desenho
FLA/PLA	Flange Plana	ED de presilhas ED de porcas planas ED e ET de arruelas planas ED de parafusos com cabeça de assentamento plano ET de blocos intermediários	
CLR/FCP	Cilindro totalmente roscado com flange circular plana.	ED de parafusos Allen de rosca inteira ET de placas, de consoles, de blocos "V", elementos de base	
CLL/FCP	Cilindro liso com flange circular plana	ED de parafusos Allen de rosca parcial ET de placas, de consoles, de blocos "V" cantoneiras	
CIL/ROS	Cilindro Roscado	ET de parafusos em geral ED e ET de parafusos "prisioneiros". ET de porcas ED de placas com furos roscados ED e ET de extensores / reposicionadores	

(cont....)

Tabela 35 - Códigos de encaixe ED-ET (continuação).

Código	Descrição	Exemplo de Aplicação	Desenho
CIL/LIS	Cilindro Liso	ED de pinos de alinhamento ET de placas, de localizadores, de extensores / reposicionadores	
SUP/PLA	Superfície plana	ED de suportes planos ET de presilhas	
RAM/ESC	Rampa Escalonada	ET de presilhas ED e ET de calços escalonados	
PER/TTE	Perfil "T"	ED de placas com rasgos "T" ET de porcas e de parafusos "T" ED e ET de consoles com rasgos	

(cont...)

Tabela 35 - Códigos de encaixe ED-ET (conclusão).

Código	Descrição	Exemplo de Aplicação	Desenho
SUP/ESF	Superfície Esférica	ED de pinos de apoio ED de pinos localizadores ET de buchas de assentamento	
SUP/CON	Superfície Cônica	ED de pinos localizadores ET de buchas de assentamento	

Fonte: Primária.

O conteúdo do SCC apresentado acima é propositadamente amplo em termos de tipos de componentes de SSFPs. No entanto, ressalta-se que cada empresa deve limitar a classificação e a codificação ao conjunto de componentes de seu domínio. De qualquer forma, considera-se que este SCC é de fundamental importância para a padronização da nomenclatura e do tratamento das informações na área de SFPs, podendo contribuir significativamente para um trabalho de normalização de SSFPs.

c) A informatização dos SFPs no âmbito de empresa

Estruturado o arranjo físico e racionalizados os recursos na área de SFPs, o passo seguinte na tarefa de organização é providenciar os meios para a informatização dessa área visando ao gerenciamento.

Em nível de empresa, os dados e as informações do seu SFP precisam ser gerados, armazenados, processados, transmitidos e disponibilizados, o que, na maioria dos casos, envolve diversos setores da empresa. Assim, torna-se imprescindível prover a empresa de um sistema de informatização consistente e abrangente. A primeira providência nesse sentido é a disponibilização de computadores em todos os setores envolvidos com informações referentes ao ciclo de vida dos SSFPs. Em seguida, é necessário suprir o SFP com um banco de dados e um *software* gerenciador deste banco de dados. Uma terceira providência para a informatização do gerenciamento do

SFP de cada empresa é a ligação dos respectivos computadores em rede local, de maneira que fiquem integrados os setores de Compras, Engenharia de Processos, Engenharia de Projetos, Almoxarifado e Administração Central. Por fim, a providência de base, e que antecede as demais relatadas é a organização das informações na área de SFPs, consiste no desenvolvimento de um sistema de classificação e codificação, conforme está proposto a seguir.

d) Qualificação de recursos humanos envolvidos nos SFPs das empresas

A estruturação das empresas visando à implantação do gerenciamento sistematizado de seus SFPs provoca alterações nos recursos e nos procedimentos habituais envolvidos com os SSFPs. Embora essas alterações ocorram em graus diferenciados entre as empresas, em todos os casos é necessário capacitar e atualizar os conhecimentos dos recursos humanos envolvidos com os SFPs à nova situação gerencial. Isso significa que é necessário manter um programa de treinamento e de conscientização.

Outro aspecto humano importante para o gerenciamento sistemático de SFPs é a necessidade de incumbência de responsabilização administrativa pela área de SFPs a uma única pessoa, seja esta com dedicação exclusiva ou não, dependendo das características e estratégias da empresa. Caberiam a esta pessoa as tarefas de coordenação e de controle do gerenciamento.

Uma vez racionalizada e organizada a área de SFPs da empresa com base no tipo de SSFP previamente selecionado, esta fica estruturada para assimilar um gerenciamento sistematizado, conforme será descrito a seguir.

6.2.4. Etapa 4: Planejamento e administração na área de SFPs

O planejamento e a administração dos SFPs das empresas são procedimentos gerenciais relacionados entre si, cuja meta comum é otimizar a utilização dos SSFPs e os seus efeitos nos processos de fabricação. São, portanto, ações que orientam o uso dos SSFPs nas empresas e que sintetizam o seu gerenciamento. Constituem-se num conjunto de atividades de projeto e de administração que podem ser consideradas, em relação ao gerenciamento de SFPs, como essenciais e complementares.

As atividades essenciais são aquelas que ocorrem toda vez que um novo *set-up* de montagem de DFP se faz necessário e que continuam acontecendo interativamente com a aplicação e a existência dos SSFPs na empresa. Essas atividades têm efeito direto e imediato sobre o desempenho da produção e a qualidade das peças fixadas. Entre as atividades essenciais de planejamento, estão o processo de projeto modular, os procedimentos de montagem, a integração de informações entre setores da fábrica e a própria seleção de tipos de SSFPs efetivada na etapa 2. Por parte da administração de SSFPs, as atividades essenciais envolvem o monitoramento de fluxo dos DFPs e dos seus componentes, o seu controle de disponibilidade e de estoque, a sua documentação e o respectivo inventário.

Já as atividades complementares do gerenciamento ocorrem independentemente de novos *set-ups* de montagem; constituem-se em procedimentos para o suporte à qualificação e à disponibilidade dos DFPs, desenvolvendo-se paralelamente e sem interação com o uso desses dispositivos na produção. Podem afetar de forma indireta a qualidade das peças e o desempenho da produção com base no resultado de sua operacionalização. As atividades complementares, tanto de planejamento quanto de controle, envolvem os procedimentos operacionais de manutenção, inspeção, transporte, limpeza e proteção dos DFPs e de seus componentes. Pela forte dependência dessas atividades das características estruturais e funcionais particulares de cada empresa, elas não se prestam a uma sistematização dentro de um contexto amplo de gerenciamento.

5.2.4.1. Planejamento de DFPs no âmbito do seu gerenciamento

Planejar DFPs, no seu aspecto mais amplo, consiste num processo de projeto baseado nas necessidades de uso. Assim, e com base na linha deste trabalho, o planejamento de DFPs com vistas ao gerenciamento sistematizado do SFP da empresa como um todo efetiva-se com a aplicação de metodologias também sistematizadas de projeto modular e de projeto para a modularização. É justamente através dessa aplicação que os SSFPs passam a ser implementados ou homologados nas empresas, em concordância com a filosofia de modularidade e padronização. Ou seja, é com essa ação que os SSFPs tipo Modular-Generativo e Modular-Customizado são confirmados nas respectivas empresas com suas concepções originalmente

modulares, os SSFPs Modulares-Mistos e os Modulares-Variantes passam a ter seus componentes transformados em módulos com interfaces padronizadas, e os SSFPs de Uso-Geral têm seus componentes classificados como módulos. Dessa forma, cada módulo composto por um ou mais componentes de SSFPs representa um item individual classificado e identificado, sendo, portanto, facilmente gerenciável ou controlável por meio de um sistema gerenciador de banco de dados (SGBD), conforme será descrito posteriormente. É importante salientar que a aplicação da metodologia de projeto modular e de projeto para modularização é um requisito fundamental para o gerenciamento de SFPs. Portanto, deve ser adotada no planejamento de DFPs, quer sejam esses projetados e construídos internamente nas empresas usuárias quer sejam terceirizados por essas.

Como uma nova peça a ser fixada implica um novo *layout* de DFP, e considerando que cada tipo de peça ou suas variantes representa um produto sobre o qual foi desenvolvido um projeto, pode-se fazer a analogia entre um DFP e um produto e, então, adotar a metodologia de projeto de produtos para fazer o planejamento sistematizado dos DFPs.

Apesar de o surgimento dos sistemas modulares e da modularização ter ocorrido há mais de cinco décadas (Maribondo, 1997), até o presente momento, apenas duas metodologias podiam ser consideradas como sistemáticas e relativamente consistentes para o projeto de produtos modulares. A primeira é a sistemática desenvolvida por Pahl & Beitz (1996), que, apesar da preocupação em sistematizar as tarefas através de recomendações, apresenta um baixo grau de detalhamento, tornando os procedimentos muito abstratos. A segunda metodologia foi desenvolvida por Erixon et alii (1996) e, apesar do seu enfoque para a modularização e a proposição de ferramentas de apoio ao projeto e à sua avaliação (Erixon e Östgren, 1993), também se apresenta pouco detalhada, embora seja menos abstrata que a anterior. Outras metodologias de projeto modular foram desenvolvidas no passado recente (LIU, 1994), (GU et alii, 1997), mas suas documentações não estão suficientemente detalhadas para que possam orientar os projetistas no nível de detalhe que o projeto modular de SSFPs ou o projeto para a sua modularização de DFPs requerem no âmbito do gerenciamento sistemático.

Entende-se que essa condição está na iminência de ser obtida através da metodologia de projeto de sistemas modulares realizada por Maribondo et alii (1999d), em fase de elaboração final no Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos -

Nedip, do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina. Embora essa metodologia não esteja totalmente concluída e implementada em sistema computacional, o seu nível de desenvolvimento e a sua adequação aos objetivos deste trabalho são plenamente suficientes para que seja proposta como ferramenta de apoio nesta etapa da pesquisa. Tal escolha resultou das seguintes razões básicas pertinentes à referida metodologia:

- apresenta um elevado nível de detalhamento das suas fases;
- contempla procedimentos individualizados e bem definidos tanto para o projeto modular quanto para o projeto para a modularização;
- aplica-se a produtos (peças individuais) ou a sistemas (conjuntos montados);
- é operacionalizada através de sistema computacional com uso da plataforma Delphi;
- prevê acesso via Internet no Nedip.

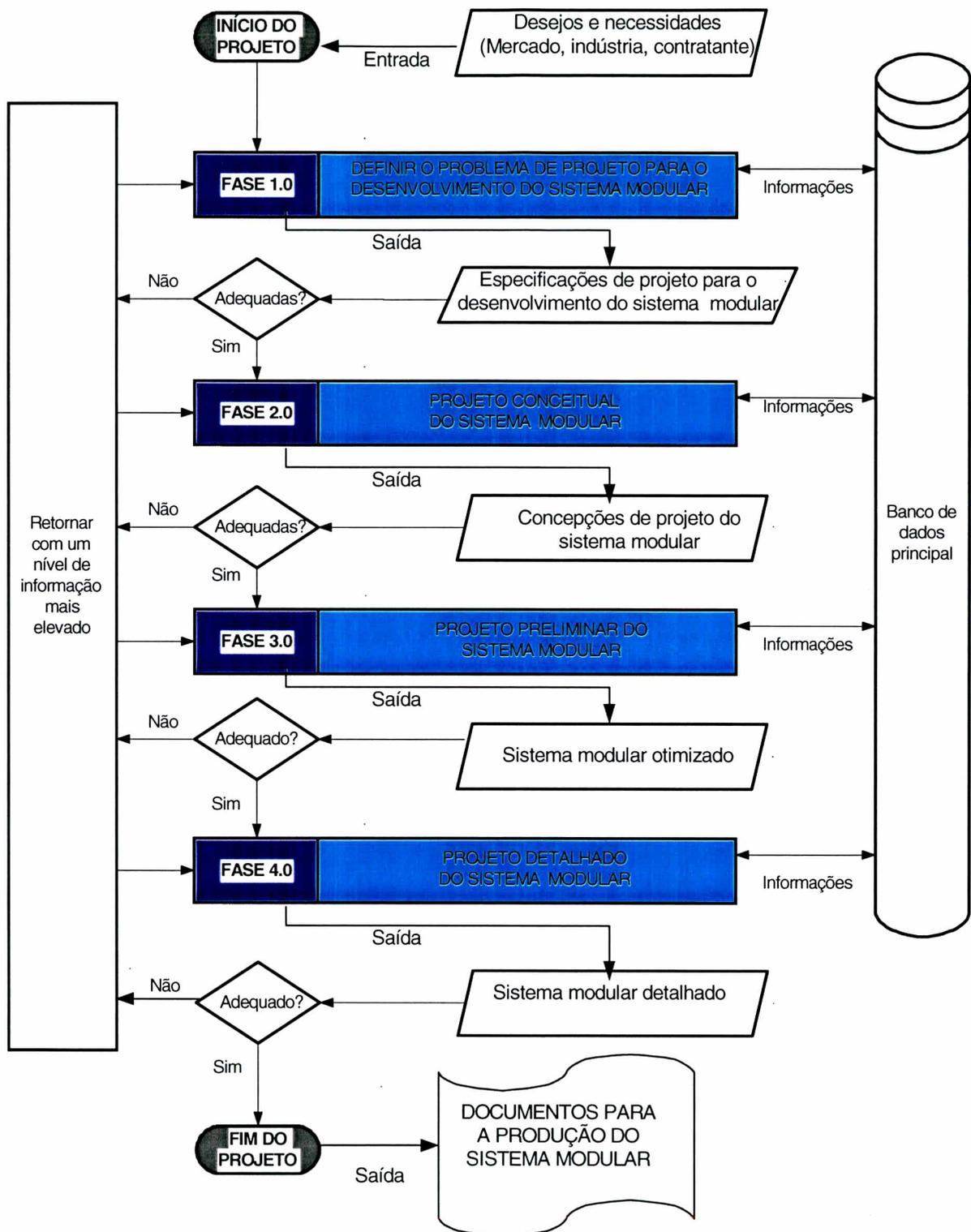
A metodologia de projeto de sistemas modulares referenciada tem por objetivo maior auxiliar a equipe de projeto no desenvolvimento de projetos modulares ou na melhoria da qualidade de um grupo de sistemas existentes, este último através da modularização. O primeiro nível de desdobramento dessa metodologia está apresentado na Figura 45 e é descrito sucintamente em seqüência.

No seu menor nível de desdobramento, a metodologia de projeto é composta pelas seguintes fases:

- Fase 1.0 – Definição do problema de projeto;
- Fase 2.0 – Projeto conceitual dos módulos e das interfaces;
- Fase 3.0 – Projeto preliminar dos módulos e das interfaces;
- Fase 4.0 – Projeto detalhado dos módulos e das interfaces.

A primeira fase (**Definição do problema de projeto**) tem por objetivo principal auxiliar a equipe de projeto a esclarecer o problema de projeto com vistas a definir as especificações desse para o desenvolvimento de um projeto modular ou da melhoria de um grupo de sistemas existentes através da modularização.

A segunda fase (**Projeto conceitual dos módulos e das interfaces**) visa, principalmente, auxiliar a equipe de projeto a encontrar as concepções de projeto para o desenvolvimento dos módulos e das interfaces que atendam às especificações estabelecidas na fase anterior.



Fonte: Maribondo et alii, 1999d.

Figura 45 – Primeiro nível de desdobramento da metodologia de projeto de sistemas modulares.

A terceira fase (**Projeto preliminar dos módulos e das interfaces**) objetiva orientar a seleção das melhores concepções de projeto entre as apresentadas na fase anterior. O propósito, nesse momento, é fazer uma avaliação técnica e econômica de cada uma dessas concepções, visando descobrir qual entre elas é a mais adequada para o detalhamento final e, conseqüentemente, para a solução do problema.

A quarta fase (**Projeto detalhado dos módulos e das interfaces**) destina-se a fornecer as descrições de engenharia para a construção dos módulos e das interfaces que farão parte do projeto escolhido. Nessa fase, são especificados, além dos materiais utilizados na confecção dos módulos e das interfaces, os procedimentos de montagem desses módulos, a padronização dos componentes, os custos envolvidos, entre outros aspectos. O resultado final dessa fase é a documentação do projeto a ser entregue à produção.

A partir do estabelecimento das fases descritas, prossegue-se o desdobramento do processo de projeto com vistas a reduzir a complexidade do problema. Em outras palavras, fragmenta-se cada fase em etapas, tarefas e passos, de modo a tornar o problema mais simples e, com isso, tornar o seu esclarecimento e suas decisões de projeto também mais simples.

6.2.4.2 Controle de SSFPs no âmbito do seu gerenciamento

O controle de SSFPs no âmbito do seu gerenciamento consiste num conjunto de atividades ordenadas por computador que visam minimizar as perturbações no processo produtivo e otimizar a utilização dos recursos da empresa. Assim, através da informação, torna-se possível controlar a movimentação de todos os componentes de SSFPs na empresa, com acompanhamento permanente e atualizado da trajetória desses na fábrica, da sua localização momentânea, da situação dos estoques, das necessidades de aquisição, de substituição ou reparo dos DFPs e dos seus componentes e da atualização do inventário, entre outras possibilidades a serem detalhadas posteriormente no decorrer deste capítulo. Além disso, os dados técnicos e as informações sobre os componentes cadastrados no sistema ficam disponibilizados às pessoas habilitadas, permitindo, assim, a realização de pesquisas com fins específicos, como no caso da seleção de componentes para o planejamento e a montagem de DFP.

parei

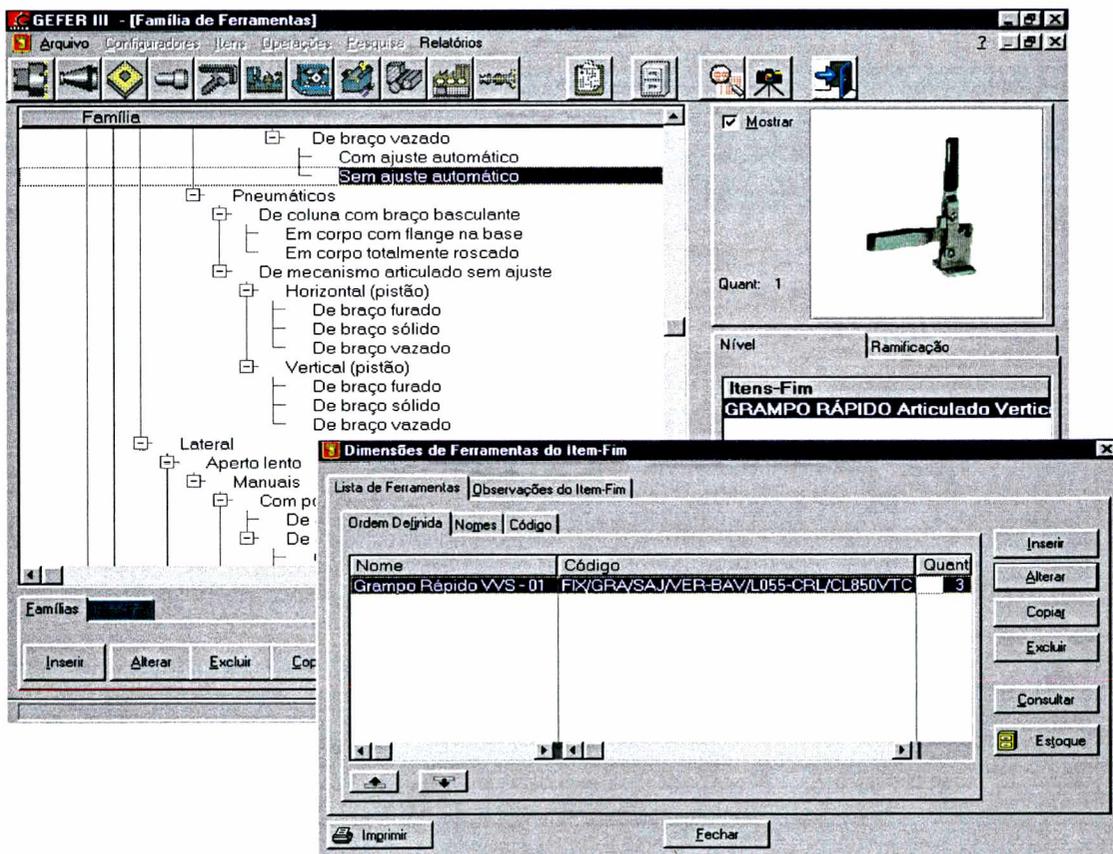
Conforme foi exposto na seção anterior, a aplicação da metodologia de projeto de sistemas modulares possibilita que os componentes dos SSFPs sejam tratados como itens, independentemente do seu tipo. Associado a esse fato, a aplicação do sistema de classificação e codificação, desenvolvido neste trabalho para a etapa 3 do modelo proposto, permite a identificação informatizada dos componentes de SSFPs, ou seja, dos itens referidos anteriormente. Dessa forma, é possível fazer o controle dos SSFPs das empresas por meio de um sistema gerenciador de banco de dados (SGBD) que possa ser configurado para os diferentes tipos de sistemas produtivos e de acordo com suas características. A cada um desses tipos corresponde uma arquitetura de fluxos de informações e de entidades físicas, sobre a qual se aplica o modelo apropriado de controle. Um modelo de controle corresponde a um conjunto-padrão de procedimentos adotados para essa finalidade no domínio de cada um dos tipos de SSFPs, conforme classificação apresentada na Figura 27 da seção 6.2.2. Esses modelos são regidos pelo enquadramento dos tipos de SSFPs às características das empresas e pela conseqüente racionalização e organização do SFP de cada uma, conforme apresentado nas etapas 2 e 3 desse modelo de gerenciamento.

Entre as diversas opções e aplicações de SGBD já desenvolvidas e disponíveis no mercado (Boerma, 1988), o sistema Gefer (Provecto, 1998; Boehs e Guenther, 1994) foi escolhido como ferramenta de apoio ao modelo de gerenciamento de SFPs proposto especialmente pelas seguintes razões:

- o projeto do Gefer e o modelo de gerenciamento de SFPs proposto apresentam semelhanças importantes nas suas funções e filosofia, ainda que, obviamente, cada uma seja direcionada pelas particularidades dos seus respectivos setores de aplicação;
- o Gefer apresenta uma estrutura funcional modular, sendo um dos seus módulos específico para o gerenciamento de DFPs;
- o Gefer apresenta uma configuração flexível fundamentada na estrutura de famílias ou objetos, possibilitando o desdobramento dos componentes de SSFPs até o nível desejado de item-fim;
- o Gefer fornece recursos gerenciais tanto para a parte técnica quanto para a administrativa da área de SFPs;
- é conveniente, tanto técnica como administrativamente, que se gerenciem os recursos de SFPs e de sistemas de ferramentas de corte em uma única plataforma computacional;

- o Gefer dispõe de um sistema de informação avançado para o interfaceamento entre os setores de Projetos, Processos, Chão-de-Fábrica e Administração das empresas;
- o Gefer foi originado no mesmo ambiente de pesquisa e desenvolvimento em que agora se desenvolve esta proposta de gerenciamento de SFPs, além de dispor facilmente de suporte técnico local e permanente;
- o Gefer é um sistema de funcionamento e eficácia comprovados por diversas implementações satisfatórias nas empresas;
- o banco de dados do Gefer pode estar disponibilizado na Internet via *site* CIMM, fornecendo informações sobre componentes de SSFPs, suas montagens, seus sistemas de classificação e codificação, fabricantes, etc.

Cabe destacar que, para validar a aplicação do sistema Gefer no gerenciamento de SFPs, foram introduzidos dados e informações referentes a vários componentes de SSFPs, esses representados pelos itens-fim da árvore de famílias, de acordo com o que foi apresentado nas Figuras 40 a 43. A Figura 46 mostra telas do Gefer referentes a um desses componentes.



Fonte: Primária.

Figura 46 – Telas do Gefer com informações de componentes de SSFPs.

Em seqüência, passa-se a descrever o modelo de controle gerencial para diferentes SSFPs, tomando-se por base o sistema Gefer como ferramenta de apoio. Antes, porém, é necessário definir as arquiteturas dos fluxos de informações e de entidades físicas na empresa, visando a configurar o sistema gerenciador de banco de dados de acordo com as características do chão-de-fábrica e, conseqüentemente, dos respectivos tipos de SSFPs.

a) Controle gerencial de SSFP do tipo Modular-Generativo

As características particulares dos diferentes tipos de SSFPs definem as respectivas arquiteturas de fluxos necessárias para o seu controle. Do exposto nas seções 5.4.3 e 6.2.3.2, extraem-se as seguintes características dos SSFPs tipo Modular-Generativo que influem na formulação dos procedimentos de controle dos seus componentes:

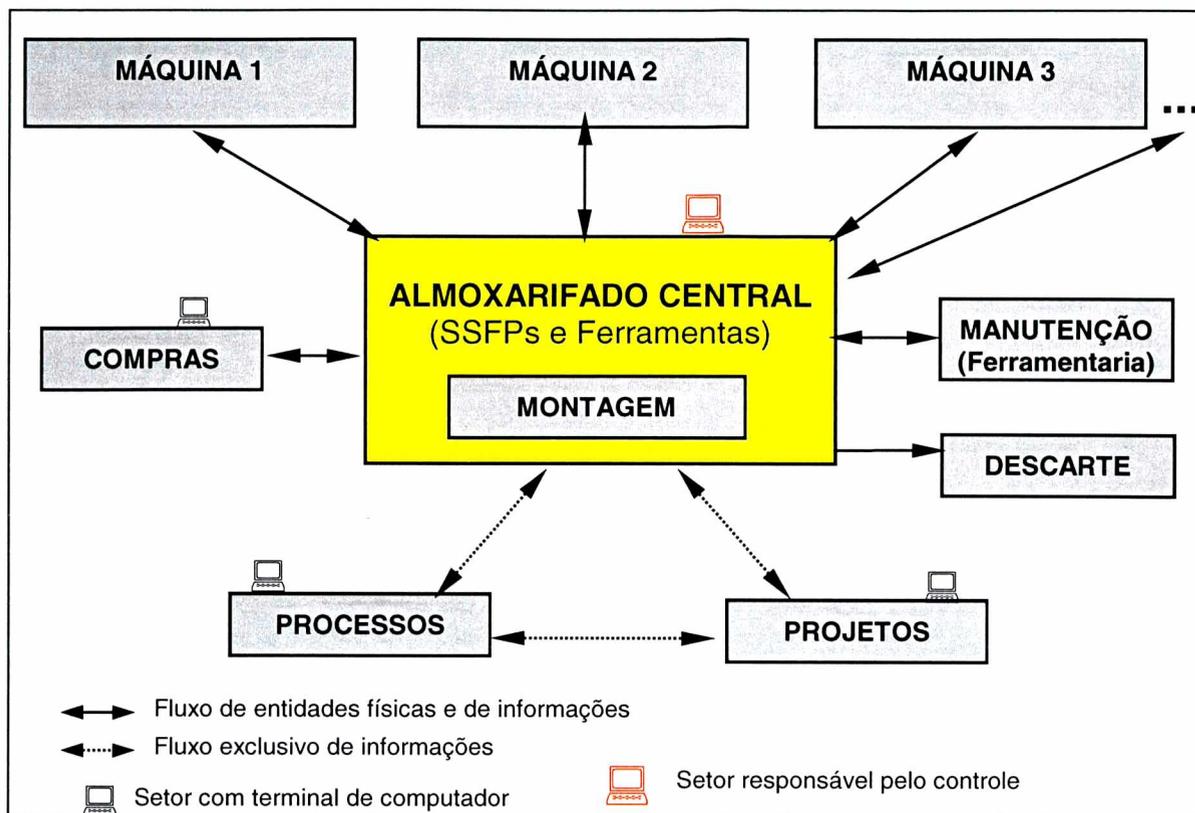
- grande variedade de componentes intercambiáveis;
- total modularidade e padronização elevada;
- disponibilidade de componentes comerciais;
- adequação ao uso de almoxarifado central;
- conveniência da montagem nas dependências do almoxarifado central;
- controle centralizado no próprio almoxarifado central.

Com base nessas características, é concebida a arquitetura de fluxos de entidades físicas (itens) e de informações para efetivação do controle da área de SFPs, conforme está mostrado no *lay-out* esquemático da Figura 47.

De acordo com essa arquitetura, o Almoxarifado Central é o setor responsável pelo controle de SFP em nível de chão-de-fábrica no âmbito de toda a empresa. Portanto, compete ao Almoxarifado Central gerenciar o banco de dados de SFP e de seus componentes, efetivar e supervisionar o fluxo na fábrica, bem como monitorar o estoque, disponibilizar os itens solicitados e fornecer a documentação desses, entre outras funções mais específicas inerentes ao SGBD.

O setor de Processos é responsável pelo fornecimento das informações técnicas e requisitos dos SFP (forças de usinagem, tolerância, percursos da ferramenta, etc.), tomando por base o plano de processo desenvolvido para cada peça a ser fabricada.

Essas informações são fornecidas ao setor de Projetos e ficam disponibilizadas também ao Almoarifado Central para fins de inspeção dos componentes de SFP que retornam das máquinas.



Fonte: Primária.

Figura 47 - Arquitetura de fluxos para o controle de SSFPs dos tipos Modular-Generativo, Modular-Misto e Modular-Customizado.

Cabe ao setor de Projetos desenvolver o planejamento do DFP solicitado e fornecer ao Almoarifado Central todas as informações sobre o *lay-out* de montagem, juntamente com a lista de componentes envolvidos. Após a montagem dos DFPs, o Almoarifado Central disponibiliza-os para as respectivas máquinas em toda a fábrica, incluindo, indistintamente, aquelas alocadas nos setores de Produção e de Manutenção.

A montagem de todos os DFPs solicitados pelo setor de Processos e planejados pelo setor de Projetos é feita exclusivamente pelo Almoarifado Central em local apropriado de suas dependências, os quais, após, são enviados para as respectivas máquinas. Após o uso, todos os DFPs retornam ao Almoarifado Central, onde são desmontados e têm seus componentes inspecionados. Conforme o resultado da inspeção, os componentes são armazenados nos devidos locais, ou encaminhados para a manutenção, ou, ainda, descartados com conseqüente substituição.

O setor de Manutenção, em relação ao Almoxarifado Central, cumpre a dupla função de usuário de SSFPs e de prestador de serviços de reparos nos DFPs e em seus componentes. Para efeito de controle, em qualquer uma dessas condições, os itens são tratados como empréstimo pelo Almoxarifado Central, devendo a ele retornar seguindo o mesmo procedimento adotado para os DFPs destinados às máquinas da Produção.

O setor de Compras tem a função única de executar as solicitações de compra, que são emitidas exclusivamente pelo Almoxarifado Central.

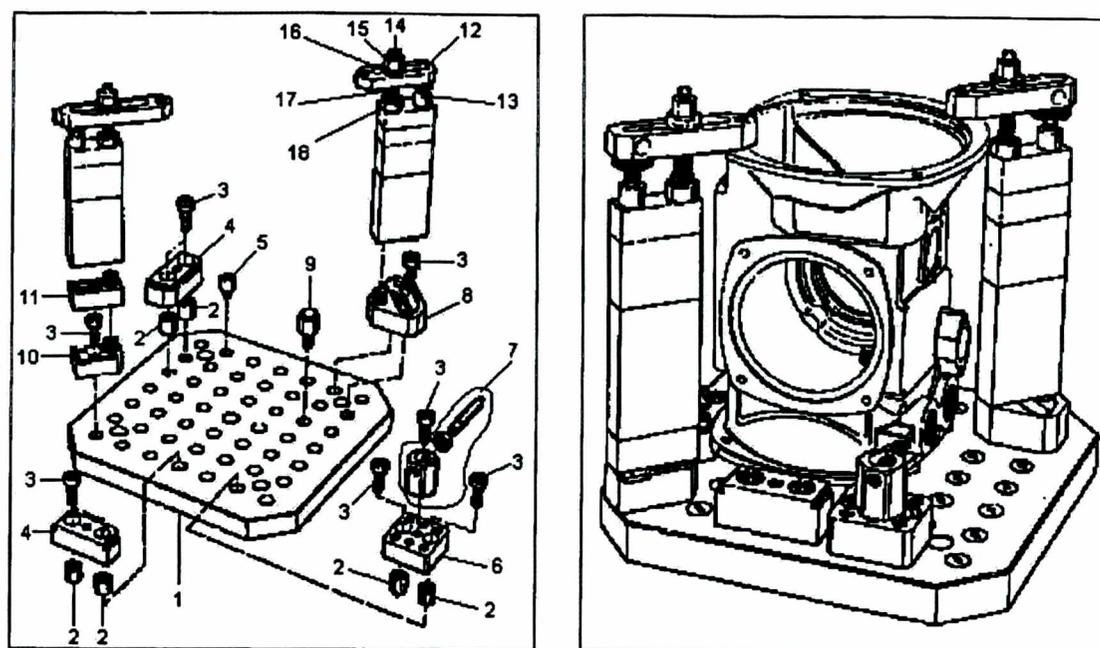
O setor de Descarte funciona como um setor onde são alojados temporariamente os componentes de DFPs que não têm mais utilidade na empresa e que serão posteriormente eliminados.

Para a informatização do controle, são necessários terminais de computador nos setores que trocam informações entre si através do SGBD, no caso o Almoxarifado Central e o de Compras, ou naqueles que delas necessitam e que as fornecem na forma de consulta ou de diretrizes, como os de Processos e de Projetos. Os demais setores atuam como usuários de DFPs controlados pelo Almoxarifado Central, não necessitando, portanto, de terminais de computador.

Com o objetivo de elucidar e detalhar o que foi exposto e para facilitar o entendimento da sistemática gerencial em relação aos demais tipos de SSFPs, descreve-se, sucintamente, um exemplo do controle gerencial de SSFP aplicado à arquitetura de fluxos da Figura 47.

Partindo do princípio de que o sistema Gefer já tenha sido configurado para a arquitetura apresentada na Figura 47 e que os dados e as informações de todos os componentes de SSFPs existentes na empresa já tenham sido cadastrados no sistema, podem ser iniciados os respectivos procedimentos gerenciais necessários à fabricação de uma nova peça.

Assim, com base no projeto da peça e nos recursos da produção, o setor de Processos desenvolve o plano de processos e solicita ao setor de Projetos o planejamento do DFP. Atuando simultaneamente com o setor de Processos e consultando o banco de dados do sistema Gefer quanto à disponibilidade e características dos componentes de SSFPs cadastrados, o setor de Projetos determina o *lay-out* de montagem e a respectiva lista de componentes, conforme mostrados na Figura 48 e Tabela 36, respectivamente.



Fonte: Industécnica, 1996.

Figura 48 - *Lay-out* de montagem de um DFP a partir de um SFP tipo Modular-Generativo.

Tabela 36 - Lista de componentes do DFP tipo Modular-Generativo da Figura 48.

Nº no desenho	Código do Componente de fixação	Quantidade
1	BAS/PLA/FUR/HOR - QUA/L400 - HAL/15002	1
2	ACE/BUC/BUP/ELE - CIL/D012 - AMF/636312031	6
3	PAR/ALL/MAN/TRO - CIL/D12 - CRL/CL313x2SHCS	11
4	LOC/REG/SAJ/HEV - PRP/H025 - AMF/636312068	2
5	PAR/ALL/MAN/TRO - CIL/D12 - CRL/CL313x2SHCS	1
6	EXR/ELB/BFP/BLF - PRP/H050 - CRL/CLMF401414	1
7	LOC/PII/CAJ/LAT - COL/H060 - CRL/CLMF402901	1
8	EXR/ELB/BFF/BLF - PRP/H040 - HAL/15121	1
9	SUP/PAS/AAJ/ESF - CIL/D010 - HAL/2273020	1
10	EXR/ELB/BFF/BLF - PRP/H040 - HAL/15121	2
11	EXR/BLI/EPX/BRF - PRP/H070 - CRL/CLMF401901	8
12	FIX/PRE/MAN/PLA - BAR/W014 - HAL/2314014	2
13	SUP/PIA/CAJ/PLA - CIL/L066 - CRL/CL6KSJ	2
14	PAR/PRI/MAN/RTN - CIL/L125 - PRV/PIM11	2
15	POR/PSX/MAN/APE - CIL/D012 - HAL/2307012	2
16	ARS/ARR/LIS/PLA - ANE/D013 - HAL/2306012	2
17	MOL/MOP/SAJ/SAR - HEL/L042 - CRL/CL9SPG	2
18	POR/CTP/MAN/RTN - CIL/D012 - CRL/CLM12JN	2

Fonte: Primária.

A ação seguinte consiste em verificar no sistema Gefer se os componentes selecionados para o dispositivo estão disponíveis nas quantidades necessárias. Supondo que, durante esse procedimento, seja constatado que não há nenhuma unidade do componente nº4 e somente três unidades do componente nº11, quando

seriam necessárias oito unidades, o setor de Projetos estuda a possibilidade de serem substituídos esses componentes por similares. Verificando que isso não é possível, o setor faz, então, o pedido dos componentes ao Almoxarifado Central, o qual, após verificar a indisponibilidade desses na empresa, emite uma solicitação de compra ao setor de Compras.

O setor de Compras pode atender ou não à solicitação do Almoxarifado Central, ou até mesmo atender a ela de forma parcial. Supondo que o setor de Compras atenda à solicitação, os componentes adquiridos são alocados, inicialmente, no próprio setor para, em seguida, serem movimentados para o Almoxarifado Central, que passará a constar como local de guarda do item adquirido. O Almoxarifado Central deverá, então, obrigatoriamente, efetuar o registro de recebimento desses itens para que eles constem como residentes do setor no sistema Gefer .

Estando todos os componentes necessários disponíveis no Almoxarifado Central, este executa uma movimentação interna para o setor de Montagem, que monta o DFP de acordo com o planejamento feito pelo setor de Projetos. Essa movimentação interna não gera nenhuma pendência no Almoxarifado Central, de forma que, quando os componentes retornarem ao setor de Montagem, este deverá fazer outra movimentação interna para aquele.

Após a montagem, o DFP é transportado para a respectiva máquina que executará a usinagem da peça, ação que é controlada pela emissão de um comando de fornecimento no sistema Gefer, que, por sua vez, passa a gerar uma pendência no setor de Montagem.

Executada a usinagem do lote de peças fixadas, o procedimento a ser feito corresponde ao caminho inverso, ou seja, os componentes do DFP devem retornar às suas posições de guarda.

Fazendo uso dos recursos do Gefer, o setor de Montagem requisita o retorno dos componentes do DFP da respectiva máquina onde eles estavam alocados, o que é atendido pelo setor de Produção. Assim, a pendência entre esse setor e o da Produção (máquina) deixa de existir.

O setor de Montagem realiza, então, a desmontagem do DFP e a inspeção dos seus componentes. Caso não sejam detectados danos ou desgastes excessivos nos componentes, eles são enviados para o Almoxarifado Central através de uma movimentação interna em que deve estar especificado, obrigatoriamente, o local de guarda dos desses. Caso algum componente necessite de reparos, ele é enviado ao setor de Manutenção, que, após o conserto, deverá devolvê-lo ao Almoxarifado

Central, eliminando-se a pendência gerada. Para componentes danificados de forma irreparável, o Almoxarifado Central providencia uma movimentação externa, encaminhando-os ao setor Descarte, pelo qual serão eliminados da empresa; conseqüentemente, a saída desses componentes significa que eles deixam de existir no SGBD. Nesse caso, a movimentação externa não gera pendência uma vez que o setor de Descarte não foi habilitado para o controle de fluxo, de forma que o SGBD já assume que o item não retornará.

Periodicamente, a empresa deve optar por fazer um inventário assegurando que o Almoxarifado Central esteja sempre atualizado. Caso ocorra alguma inconsistência entre as quantidades de componentes cadastradas e as reais, o SGBD possibilita o ajuste automático de inventário, sem gerar nenhum tipo de solicitação ou pedido de compra.

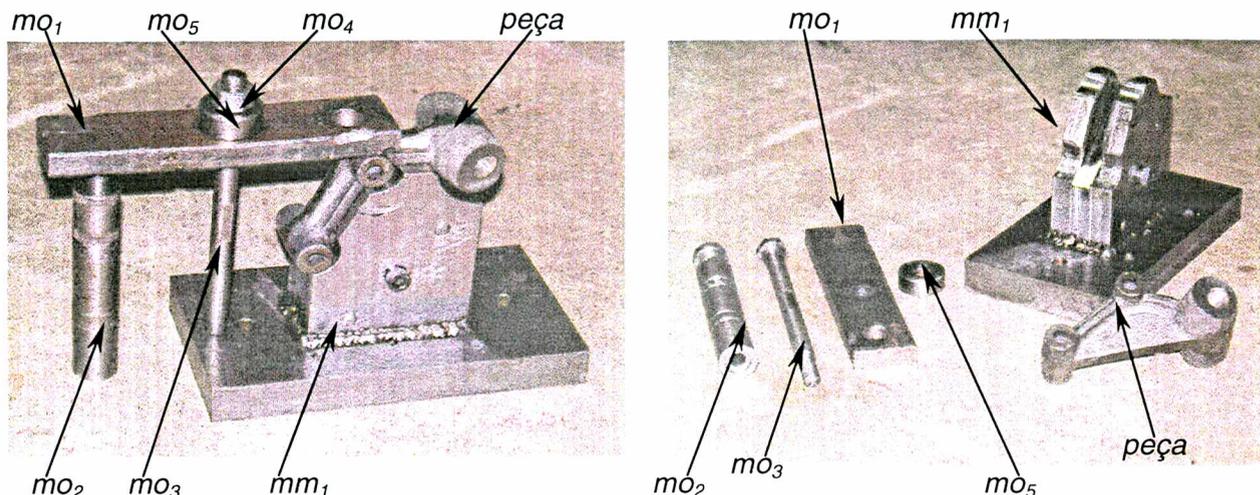
O SGBD permite, ainda, a verificação do histórico de uso ou da movimentação dos componentes, assim como do responsável pelo transporte. Dessa forma, toda e qualquer movimentação ficará registrada em um banco de dados acessível ao usuário, bem como a documentação sobre cada componente de SSFP.

Muitos outros recursos que podem ser aplicados ao gerenciamento de SFPs estão disponibilizados no sistema Gefer, porém sua descrição não faz parte do escopo deste trabalho. Essa descrição encontra-se devidamente detalhada no manual do sistema Gefer (Provecto, 1998).

b) Controle gerencial de SSFPs do tipo Modular-Misto

No caso destes SSFPs, a análise de características a serem consideradas na estruturação dos fluxos de informações e de itens físicos indica que, em relação aos SSFPs do tipo Modular-Generativo, a diferença recai, basicamente, na ocorrência de componentes não modulares passíveis de modularização. Portanto, existe forte semelhança no tratamento das informações e dos itens na comparação entre os SSFPs dos tipos Modular-Misto e Modular-Generativo, o que induz, naturalmente, ao uso do mesmo modelo de fluxos representado pelo esquema da Figura 47.

Exemplificando o controle gerencial para os SSFPs do tipo Modular-Misto com base no SSFP e respectivo DFP apresentados na Figura 49, constata-se a presença do componente mm_1 juntamente com os demais componentes modulares (mo_1 , mo_2 , mo_3 , mo_4 e mo_5).



Fonte: Universidade de Passo Fundo.

Figura 49 - Exemplo de aplicação de SSFP tipo Modular-Misto.

Considerando que o pedido de fabricação dessa peça ocorreu na mesma empresa que efetuou a usinagem da peça da Figura 48 no exemplo anterior, constata-se que, para este caso, o procedimento gerencial é o mesmo, exceto no que se refere ao componente mm_1 . Para este item, a empresa deve aplicar a metodologia de projeto de sistemas modulares, agora voltado para a modularização, para, após, incluí-lo no banco de dados do sistema Gefer, devidamente classificado na família de componentes especiais, codificado e com os seus dados cadastrados. Dessa forma, a lista de componentes para a montagem que o setor de Projetos envia para o Almoarifado Central fica de acordo com o que está mostrado na Tabela 37.

Tabela 37 - Lista de componentes do DFP tipo Modular-Misto da Figura 49.

Identificação no desenho	Código do componente de fixação	Quantidade
mo_1	FIX/PRE/MAN/PLA - BAR/W05 – UPF/F111201	1
mo_2	SUP/PIA/CAJ/PLA – CIL/150 – UPF/121403	1
mo_3	PAR/PRI/MAN/RTN - CIL/L170 – UPF/F151514	1
mo_4	POR/PSX/MAN/RTN - CIL/D010 – UPF/F161115	1
mo_5	ARS/ARR/LIS/PLA - ANE/D013 - HAL/2306012	1
mm_1	ACE/ELB/MAN/BPE - PRI/H140 – UPF/F323501	1

Fonte: Primária.

Após a conclusão da usinagem do lote de peças e dependendo da estratégia da empresa, o componente modularizado mm_1 pode ser incorporado ao inventário ou ser descartado. A primeira hipótese é recomendável, caso haja espaço físico no Almoarifado Central.

c) Controle gerencial de SSFPs do tipo Modular-Customizado

Quanto aos SSFPs do tipo Modular-Customizado, praticamente todas as características importantes para a formulação do seu modelo de controle enquadram-se naquelas dos SSFPs Modulares descritas, exceto que, para este caso, a quantidade e a diversidade de componentes são relativamente pequenas. Portanto, para os SSFPs tipo Modular-Customizado, aplica-se a mesma arquitetura de fluxos dos Modulares-Generativos e dos Modulares-Mistos e também o mesmo modelo representado esquematicamente na Figura 47.

Nesse caso, o banco de dados do sistema Gefer conterá uma quantidade reduzida e suficiente de itens cadastrados, de maneira que atenda às necessidades da produção com base nos seus recursos. Por exemplo, uma empresa que fabrica, predominantemente, peças usinadas rotativas terá seu banco de dados de componentes de SSFPs direcionado para itens modulares ou modularizados, como placas rotativas, castanhas, contrapontas, lunetas, e para alguns poucos outros componentes de uso geral.

Outro exemplo em que se aplica o controle gerencial de SSFPs do tipo Modular-Customizado são as empresas que fabricam um produto próprio ou uma linha de produtos invariável, cujas peças são usinadas nelas mesmas. Portanto, nessa situação, a necessidade de DFPs e de seus componentes fica bem definida e relativamente reduzida em termos de quantidade e de diversidade.

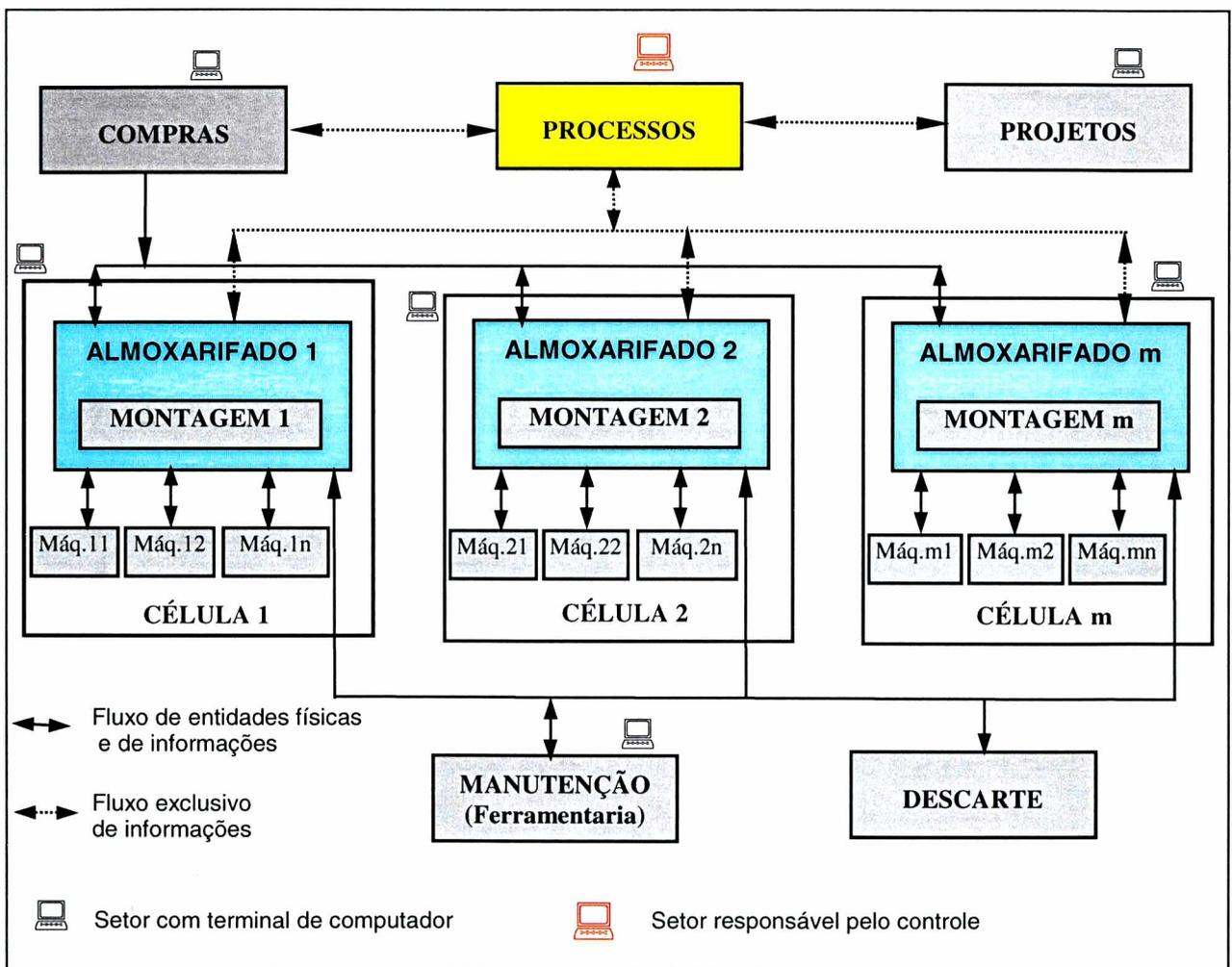
d) Controle gerencial de SSFPs do tipo Modular-Variante

As características dos SSFPs tipo Modular-Variante que têm influência sobre a concepção da arquitetura de fluxos visando ao seu controle são as seguintes:

- aplicação direcionada a famílias de peças (Tecnologia de Grupo);
- uso de componentes modulares básicos em todas as peças de uma família;
- uso de componentes modulares de tamanhos seriados ou de componentes especiais em variantes de peças de uma mesma família;

- possibilidade de intercâmbio de componentes modulares entre células de fabricação;
- modularização de componentes especiais;
- adequação ao uso de Almojarifado Setorial por célula de fabricação;
- conveniência da montagem dos DFPs nas células de fabricação;
- controle centralizado na Engenharia de Processos.

Assim, a arquitetura de fluxos para o controle gerencial de SSFPs do tipo Modular-Variante é concebida conforme o modelo esquematizado na Figura 50.



Fonte: Primária.

Figura 50 - Arquitetura de fluxos modelada para o controle de SSFPs do tipo Modular-Variante.

Segundo essa arquitetura de fluxos, o controle gerencial dos SSFPs fica centralizado no setor de Processos e abrange todas as células de fabricação, ou seja,

toda fábrica. Assim, é função do setor de Processos gerenciar o banco de dados de componentes de fixação, efetivar e supervisionar o fluxo de itens para as células e entre elas, monitorar o estoque em cada célula, disponibilizar os itens solicitados e fornecer a documentação desses, além das funções específicas do SGBD.

O setor de Processos interage com o setor de Projetos sempre que for solicitada a fabricação de peças que compõem uma nova família de peças, ou que novos requisitos de fixação sejam incorporados a uma família de peças já em fabricação na empresa. Essa interação consiste na troca de informações técnicas para subsidiar o setor de Projetos no planejamento de novos DFPs ou para o desenvolvimento daqueles já existentes nas células de fabricação.

Definidos os *lay-outs* de montagem dos DFPs e as especificações dos seus componentes pelo setor de Projetos, esses são enviados ao setor de Processos, que os encaminha às devidas células juntamente com os planos de processos das peças, ao mesmo tempo em que efetiva as solicitações de compra de novos componentes ao setor de Compras. Alternativamente, ou mesmo simultaneamente à compra, dependendo dos recursos internos, o setor de Processos pode solicitar a confecção de componentes de fixação ao setor de Ferramentaria / Manutenção.

Após a aquisição ou fabricação dos componentes solicitados, o setor de Compras ou a Ferramentaria envia os componentes adquiridos ou confeccionados, e provisoriamente armazenados em seu setor, diretamente para as respectivas células de fabricação, onde os DFPs são então montados sob a orientação e a coordenação do setor de Processos.

A montagem acontece no interior de cada célula de fabricação, num setor denominado Almojarifado da Célula, onde são também armazenados os componentes do SSFP que atende às variantes de peças produzidas naquela célula e que, obviamente, não estão em uso nas máquinas naquele momento. Após a montagem, os DFPs são transportados para as respectivas máquinas onde são mantidos invariáveis até que nova peça da mesma família necessite ser fixada. Nesse caso, a desmontagem ocorre de forma parcial e na própria máquina, para que seja feita a devida alteração na estrutura variável do DFP; os componentes substituídos retornam ao Almojarifado da Célula, onde são inspecionados e encaminhados ao armazenamento, ao reparo ou ao descarte. Como já foi visto na seção 5.4.3, os SSFPs do tipo Modular-Variante apresentam uma estrutura semifixa e outra variável, o que

implica que os componentes modulares básicos que formam a estrutura semifixa só poderão ser retirados das máquinas por ocasião de troca de família de peças. Essas estruturas fixas, se não estão em uso numa célula de fabricação, podem ser usadas temporariamente em outras células, sob coordenação do setor de Processos.

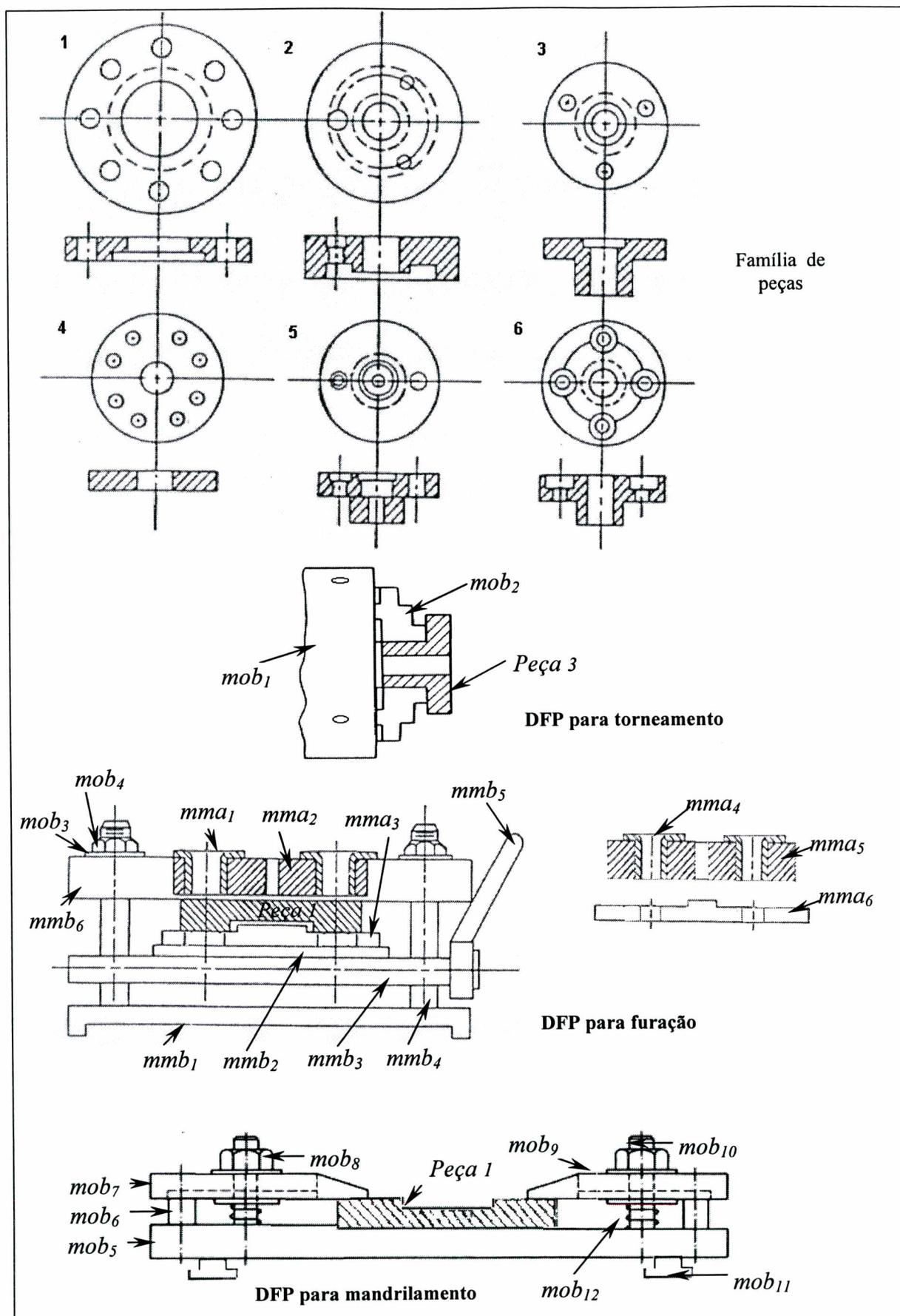
Ao setor de Ferramentaria / Manutenção cabe a função de fabricar e reparar os componentes planejados pelo setor de Projetos e solicitados pelo setor de Processos. Para efeito de controle gerencial de SSFPs em empresas que apresentam a arquitetura de fluxos conforme a Figura 44, o setor de Ferramentaria deve ser considerado uma célula de fabricação, contendo o seu próprio almoxarifado de SSFPs, também supervisionado pelo setor de Processos.

O setor de Descarte constitui-se num depósito temporário de componentes de SSFPs que serão eliminados por decisão do setor de Processos.

Quanto à necessidade de terminais de computador para efetivar a informatização do controle gerencial de SSFPs em ambiente de Tecnologia de Grupo, tomando por base a Figura 50, esses devem estar disponíveis em cada célula de fabricação e também nos setores de Processos, Projetos e Compras. O setor de Ferramentaria, por ter um Almoxarifado Setorial e ser considerado uma célula de fabricação, também necessita ter um terminal de computador. Apenas no setor de Descarte esse equipamento é prescindível, uma vez que não fornece nenhuma informação ao sistema de controle gerencial.

Um exemplo do modelo de controle gerencial para SSFPs tipo Modular-Variante é apresentado em seqüência, tomando-se por base uma família de peças de grande porte que são fabricadas em uma célula de manufatura composta por um torno frontal, uma furadeira radial e uma mandriladora vertical. Tal família de peças e os respectivos DFPs estão mostrados na Figura 51; a lista de componentes destes DFPs está mostrada na Tabela 38.

A célula a que esse exemplo se refere corresponde a uma daquelas esquematizadas Figura 41, podendo representar uma nova unidade entre outras já existentes numa suposta empresa, ou a reconfiguração de uma dessas. Assim, pode-se considerar que o sistema Gefer já tenha sido configurado para o modelo de fluxos com base na Tecnologia de Grupo e que os componentes de DFPs já existentes na empresa estejam devidamente cadastrados no sistema.



Fontes: Ferreira, 1998, e Boyes, 1989.

Figura 51 - Família de peças e respectivos DFPs de uma célula de manufatura.

Tabela 38 - Lista de componentes do DFP tipo Modular-Variante da Figura 51.

Identificação no desenho	Código do componente de fixação	Quantidade
<i>mob</i> ₁	FIX/PLC/DCT/AUC - CIL/D500 - AUB/ICL77768250	1
<i>mob</i> ₂	FIX/CTH/MAN/DUF - REZ/H075 - AUB/12086340	3
<i>mob</i> ₃	ARS/ARR/LIS/PLA - CIL/D030 - HAL/2306030	4
<i>mob</i> ₄	POR/PSX/MAN/APE - CIL/D030 - HAL/2307030	4
<i>mob</i> ₅	BAS/PLC/RAS/HOR - CIL/D600 - CRL/CLMF500302	1
<i>mob</i> ₆	SUP/PIR/SAJ/PLA - CIL/D030 - HAL/2269043	3
<i>mob</i> ₇	FIX/PRE/MAN/OLA - BAR/W015 HAL/2315018	3
<i>mob</i> ₈	POR/PSX/MAN/APE - CIL/D016 - HAL/2307016	3
<i>mob</i> ₉	ARS/ARR/LIS/PLA - CIL/D016 - HAL/2306016	3
<i>mob</i> ₁₀	PAR/PRI/MAN/RTN - CIL/L125 - HAL/2304664	3
<i>mob</i> ₁₁	POR/PTE/MAN/RTN - PRI/W004 - HAL/2301142	3
<i>mob</i> ₁₂	MOL/MOP/SAJ/SAR - HEL/L063 - CRL/CL13SPG	3
<i>mma</i> ₁	LOC/BUC/FLA/ORI - CIL/D040 - UPF/BC041111	8
<i>mma</i> ₂	EXR/MFU/BLP/BLF - CIL/D400 - UPF/MS402222	1
<i>mma</i> ₃	LOC/SPA/COC/HOR - CIL/D600 - UPF/LC603333	1
<i>mma</i> ₄	LOC/BUC/FLA/ORI - CIL/D020 - UPF/BC021111	8
<i>mma</i> ₅	EXR/MFU/BLP/BLF - CIL/D300 - UPF/MS302222	1
<i>mma</i> ₆	LOC/SPA/COC/HOR - CIL/D080 - UPF/LC083333	1
<i>mmb</i> ₁	BAS/PLC/LIS/HOR - QUA/L900 - UPF/PL904444	1
<i>mmb</i> ₂	EXR/ELB/BFP/PLA - QUA/L700 - UPF/BS705555	1
<i>mmb</i> ₃	EXR/CSL/CAJ/BLF - QUA/L900 - UPF/CS906666	1
<i>mmb</i> ₄	PAR/PIA/AMA/PRO - CIL/D030 - UPF/PG037777	4
<i>mmb</i> ₅	ACE/AFP/ALC/SIM - CIL/L200 - UPF/AL208888	1
<i>mmb</i> ₆	BAS/PLC/BFP/HOR - QUA/L900 - UPF/BP909999	1

Fonte: Primária.

Com a efetivação da nova concepção de célula, o setor de Processos determina os planos de processos para a fabricação das peças da nova família, ao mesmo tempo em que solicita ao setor de Projetos o planejamento dos DFPs necessários. Ao desenvolver as atividades de planejamento, o setor de Projetos interage com o setor de Processos e faz as devidas consultas ao banco de dados do sistema Gefer, verificando as disponibilidades de componentes de SSFPs, para, após, fornecer ao setor de Processos o resultado do planejamento solicitado. Dependendo dos recursos e da estrutura da equipe de projetos, esse resultado pode representar um projeto completo, incluindo os desenhos técnicos dos DFPs e a lista de itens necessários para a sua fabricação, ou pode ficar restrito a uma lista de requisitos a ser encaminhada juntamente com a contratação do projeto e da fabricação terceirizados do DFP.

Supondo que o setor de Processos receba o projeto completo de um DFP destinado a operações de furação, conforme o que está esquematizado na Figura 51, ele envia uma solicitação de serviço à Ferramentaria para a construção do DFP, de acordo com as especificações de projeto modular obtidas no setor de Projetos. Havendo necessidade de aquisição de material, o próprio setor de Ferramentaria emite uma solicitação de compra de componentes e de matéria-prima ao setor de Compras, que

a encaminha diretamente para a Ferramentaria. Construído o DFP, a Ferramentaria comunica o fato ao setor de Processos, que providencia o cadastramento dos componentes do DFP no SGBD e, então, instrui a Ferramentaria para que faça uma movimentação externa desses para o Almoxarifado da respectiva célula. Esta, por sua vez, efetua o recebimento e identifica os locais de guarda dos componentes de fixação.

Na hipótese de a empresa não dispor de uma ferramentaria habilitada para a construção de um DFP, no caso exemplificado pela placa de castanhas da Figura 51, o setor de Processos emite uma solicitação ao setor de Compras para que esse providencie a contratação dos serviços de fabricação do DFP através de uma empresa prestadora de serviços de usinagem, a qual deve fazê-lo segundo as especificações técnicas fornecidas pelo setor de Projetos. Concluída a fabricação terceirizada do DFP, este chega à empresa através do setor de Compras, que, então, executa uma movimentação externa para o Almoxarifado de Célula. Este, por sua vez, efetiva o recebimento no SGBD e define os locais de guarda dos componentes, enquanto o setor de Processos faz o devido cadastramento dos itens recebidos.

Numa outra situação, em que a empresa não esteja apta a desenvolver o projeto do DFP, mas pode fabricá-lo, o setor de Processos solicita a contratação de um projeto terceirizado que atenda aos requisitos e orientações fornecidos pelo setor de Projetos. Quando o setor de Compras recebe o projeto terceirizado, encaminha-o ao setor de Processos, o qual, após eventuais consultas ao setor de Projetos, faz uma solicitação de serviço à Ferramentaria para a fabricação interna do DFP. Após a execução da fabricação na Ferramentaria, o DFP é enviado ao respectivo Almoxarifado de Célula, seguindo o mesmo procedimento de controle gerencial descrito para a o DFP de furação. Na inconveniência de desenvolver na empresa tanto as atividades de projeto quanto as de fabricação de um DFP - como, por exemplo, aquele ilustrado da Figura 51, relativo às operações de mandrilamento -, o setor de Processos solicita ao setor de Compras a terceirização de ambas as atividades, ou mesmo a compra de um DFP pronto ou de um novo SSFP. Chegada a aquisição externa ao setor de Compras, o seu encaminhamento e posterior controle gerencial acontecem segundo o mesmo procedimento descrito no parágrafo relativo à placa de castanhas.

Estando todos os componentes dos DFPs necessários à fabricação da família de peças apresentada na Figura 51 disponíveis no Almoxarifado da respectiva célula, este setor efetiva o *lay-out* de montagem dos DFPs de acordo com as orientações já enviadas pelo setor de Processos e também executa o fornecimento desses dispositivos montados para as devidas máquinas da célula. Esse procedimento gera

uma pendência de componentes no Almoarifado da célula, a qual é desfeita somente pelo retorno desses componentes, já devidamente inspecionados, aos seus lugares de guarda. Isso ocorre sempre que a célula é preparada para a fabricação de um novo tipo de peças da mesma família. Assim, supondo que a célula deva ser preparada para a fabricação da peça nº3 em substituição à peça nº1 da Figura 51, torna-se necessário substituir os componentes mm_{a1} , mm_{a2} e mm_{a3} do DFP destinado às operações de furação pelos componentes mm_{a4} , mm_{a5} e mm_{a6} . Essa substituição é exigida em razão das diferenças entre as dimensões dos furos centrais e os posicionamentos radiais dos furos deslocados do centro de rotação das peças. Quando o Almoarifado da célula efetua o fornecimento dos componentes mm_{a4} , mm_{a5} e mm_{a6} para a furadeira radial, é gerada uma pendência correspondente a essa ação; da mesma forma, o retorno dos componentes mm_{a1} , mm_{a2} e mm_{a3} ao Almoarifado da célula elimina a pendência até então existente no sistema Gefer. No momento da inspeção, caso se detecte que o componente mm_{a2} encontra-se danificado ou fora das especificações dimensionais pelo desgaste excessivo, o setor de Processos é comunicado para que, então, providencie a reposição do componente danificado, o que poderá ocorrer pela compra de novo componente, pela fabricação de outro, ou pela reparação daquele danificado. No primeiro caso, o setor de Processos emite a solicitação de compra do componente mm_{a2} ao setor de Compras e este, após recebê-lo, executa uma movimentação externa ao respectivo Almoarifado. No segundo e no terceiro casos, o setor de Processos envia uma solicitação de serviço à Ferramentaria para a confecção ou reparo do referido componente, o qual, uma vez fabricado ou reparado, é movimentado para o Almoarifado da célula. Em qualquer dos casos, o Almoarifado deve registrar no sistema o recebimento do componente mm_{a2} , com o que, então, esse fica cadastrado no banco de dados do Gefer. Não havendo possibilidade de reparo do referido componente, o setor de Processos determina sua exclusão da empresa e o Almoarifado da célula executa sua movimentação para o setor de Descarte, sem gerar dependência no sistema.

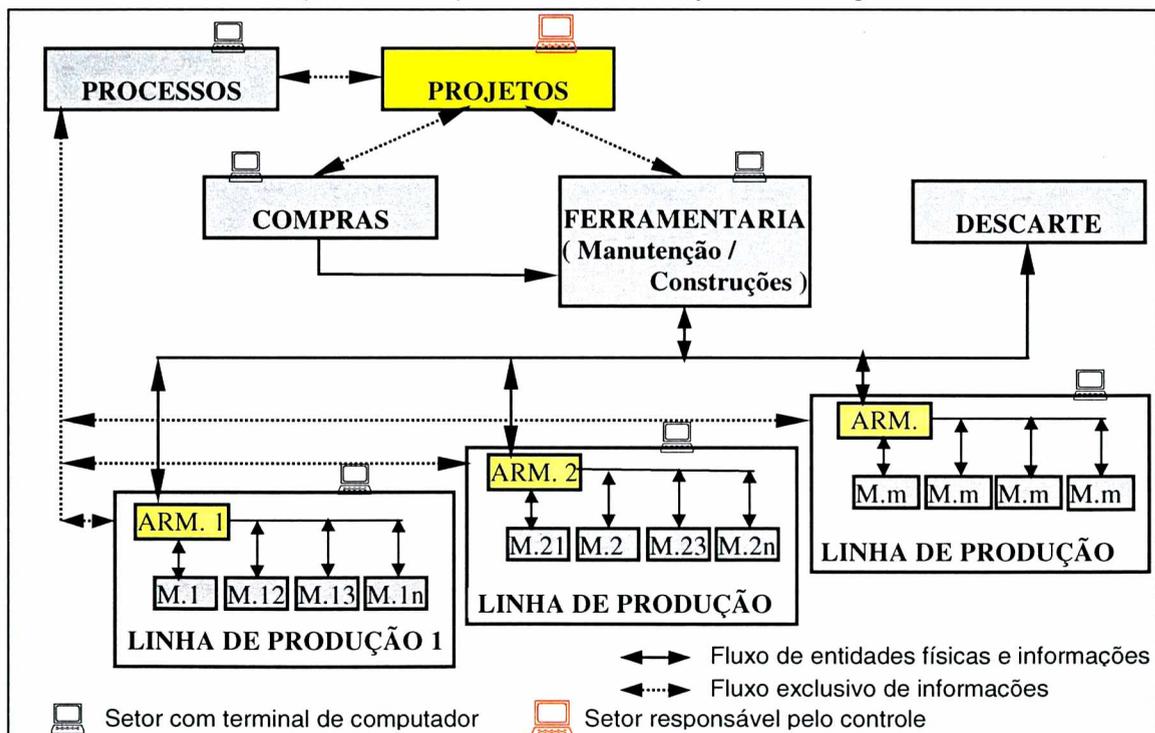
Todos os dados e informações envolvidos nessa suposta troca de componentes de DFPs, associada com a preparação da célula para a fabricação da nova peça, ficam registrados no banco de dados do sistema Gefer podendo ser consultados em todos os setores habilitados da empresa.

e) Controle gerencial de SSFPs do tipo Dedicado-Permanente

Entre as características dos SSFPs do tipo Dedicado-Permanente que influem sobre a formulação do modelo de controle, destacam-se:

- existência de componentes especiais não intercambiáveis;
- montagem única em estrutura geralmente fixa e rígida (sem desmontagem ou com desmontagem parcial);
- possibilidade de utilização de componentes modulares e modularizados;
- aplicação normal em uma única linha de produção;
- adequação ao armazenamento junto ao setor ou linha de produção;
- conveniência de montagem na ferramentaria ou por fornecedor externo;
- controle centralizado na Engenharia de Projetos.

Com base nas características enumeradas, o modelo de fluxo de informações e de itens concebido para efetivar o controle gerencial dos SSFPs do tipo Dedicado-Permanente tem a arquitetura representada no *lay-out* da Figura 52.



Fonte: Primária.

Figura 52 - Arquitetura de fluxos modelada para o controle de SSFPs do tipo Dedicado-Permanente.

Para sistemas de produção estruturados em linhas, conforme a arquitetura apresentada na Figura 52, os fluxos de informações e de entidades físicas de SSFPs na empresa ocorrem em freqüência relativamente baixa e sempre envolvendo decisões

técnicas do setor de Projetos; ou seja, ocorrem somente nos casos de trocas ou alterações de produtos que exigem novas montagens de DFPs, ou na manutenção e reparo de componentes de fixação em uso, ambos seguindo as orientações do setor de Projetos. Portanto, cabe a esse setor a responsabilidade do controle dos SSFPs existentes na empresa, tendo de administrar e arquivar os dados e informações sobre todos os DFPs e seus componentes, disponibilizar e monitorar os itens em cada linha de produção e efetuar a integração de informações entre setores.

De acordo com essa arquitetura de fluxos e no que se refere ao respectivo modelo de controle gerencial de SSFPs, o setor de Processos participa apenas como fornecedor de informações técnicas relacionadas com os processos de fabricação nas linhas de produção, as quais são necessárias no setor de Projetos para o desenvolvimento ou o descarte dos DFPs e de seus componentes.

Toda vez que uma linha de produção é configurada para a fabricação de uma determinada peça, o setor de Projetos interage com o setor de Processos para, então, fazer o planejamento dos DFPs envolvidos. A partir desse planejamento e dependendo dos recursos e das estratégias da empresa, o setor de Projetos pode executar o projeto dos DFPs ou solicitar sua terceirização. Para cada um dos dois casos, existe a possibilidade de construção interna ou externa.

Cada Linha de Produção é considerada um setor, tendo um local de armazenamento próprio para os DFPs e seus componentes. Esse local serve tanto para o recebimento e a estocagem temporária dos novos DFPs que serão montados em novas configurações de linhas de produção, quanto para o armazenamento dos DFPs extraídos das máquinas ou estações, mas que poderão ser reutilizados na mesma linha de produção; também servirá para o armazenamento dos componentes auxiliares e de reposição dos DFPs em uso.

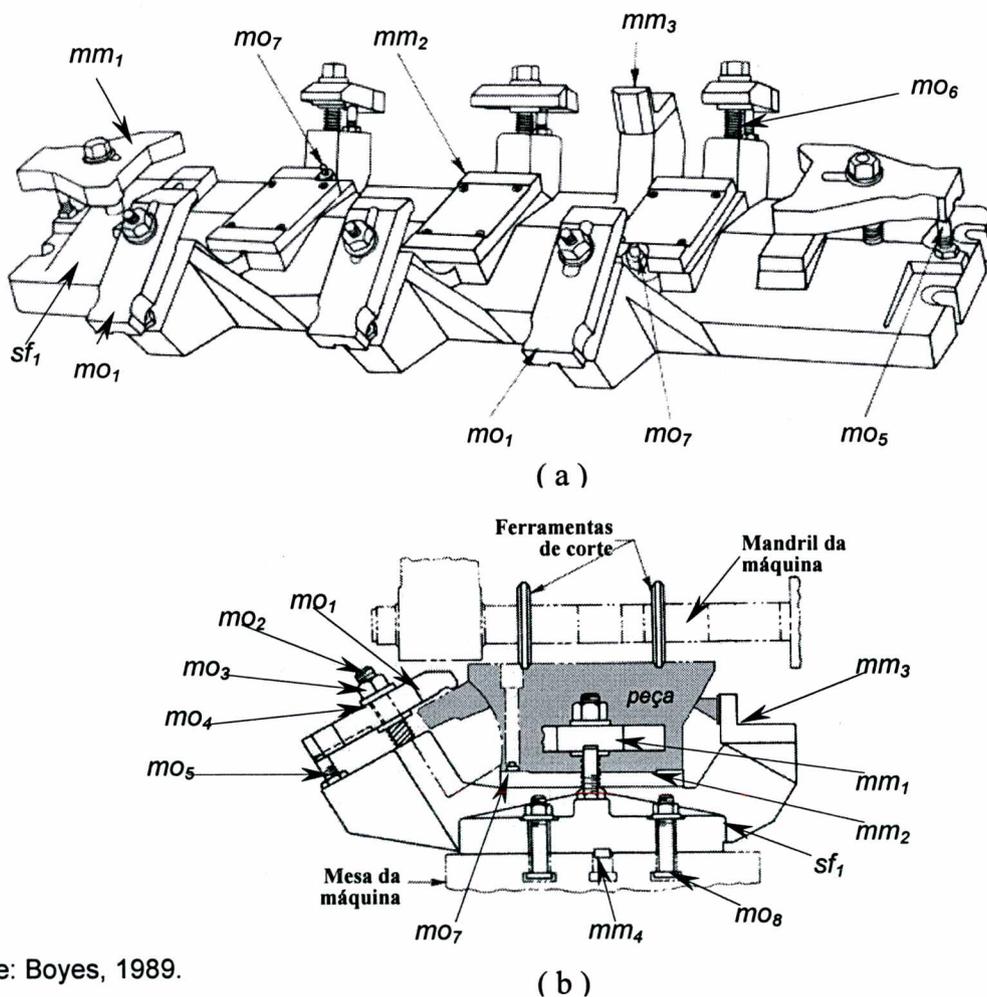
O setor de Ferramentaria dispõe de um Almoxarifado Setorial para seus próprios SSFPs, os quais, muito apropriadamente, poderiam ser do tipo Modular-Customizado. Neste caso, o Almoxarifado da Ferramentaria faz o controle neste setor, embora a supervisão geral continue com o setor de Projetos, ou seja, qualquer empréstimo ou fornecimento de DFP ou de componentes de fixação do Almoxarifado Setorial para as máquinas da Ferramentaria é efetuado por este, ao passo que a compra, o fornecimento externo ou o descarte são efetivados e controlados pelo setor de Projetos.

Como existe a possibilidade da utilização de componentes modulares nos SSFPs Dedicados-Permanente, existe também a disponibilização dos componentes ociosos em

uma Linha de Produção, ou mesmo na Ferramentaria, para outras Linhas de Produção. Essa ação, caso ocorra, deve ser coordenada pelo setor de Projetos.

A informatização do controle gerencial em arquitetura de fluxos voltada para SSFPs tipo Dedicado-Permanente é efetivada por meio de terminais de computadores nos setores de Projetos, Processos, Compras, Ferramentaria e nas Linhas de Produção. Portanto, somente no setor de Descarte o computador é dispensado.

O controle gerencial dos SSFPs tipo Dedicado-Permanente é exemplificado a seguir, tomando-se por base o DFP apresentado na Figura 53, cuja peça a ser fixada é fabricada em diferentes máquinas ou estações da Linha de Produção 1 (Figura 52); em uma única fixação, são efetuadas as operações de fresamento frontal, fresamento tangencial (Figura 53-b), furação e alargamento de furos. Antes, porém, é preciso considerar que o sistema Gefer já tenha sido implantado na empresa e que esteja configurado para o controle de fluxos de acordo com a arquitetura apresentada na Figura 52.



Fonte: Boyes, 1989.

Figura 53 – Exemplo de DFP tipo Dedicado-Permanente usado em Linhas de Produção.

A fabricação em série de uma nova peça exige, além da configuração da linha de produção, o planejamento dos novos DFPs. Essa ação compete ao setor de Projetos, que, interagindo com o setor de Processos e consultando o banco de dados do sistema Gefer, define o projeto detalhado do DFP e seu *lay-out* de montagem com todos os componentes, conforme listados na Tabela 39.

Tabela 39 - Componentes do DFP tipo Dedicado-Permanente da Figura 53.

Identificação no desenho	Código do componente de fixação	Quantidade
sf_1	ACE/PLT/BFP/BPE – PER/L800 – CCM/111	1
mm_1	FIX/PRE/MAN/PLA – PRI/L150 – CCM/222	2
mm_2	SUP/CHR/SAJ/PLA – RTG/H025 – CCM333	3
mm_3	LOC/CAL/BLP/PLA – EEL/O50 – CCM/444	1
mm_4	LOC/REG/COC/PLA – PRP/W018 – CCM/555	2
mo_1	FIX/PRE/MAN/PLA – BAR/L150 – CRL/CL18CS	6
mo_2	PAR/PRI/MAN/RTN – CIL/L095 – CRL/CLM12X95	8
mo_3	POR/PSX/MAN/APE – CIL/D012 – HAL/2307012	12
mo_4	ARS/ARR/LIS/PLA – ANE/D013 – HAL/2306012	20
mo_5	SUP/PIA/CAJ/PES – CIL/D012 – CRL/CLM12LB	8
mo_6	MOL/MOP/SAJ/SAR – HEL/L063 – CRL/CL13SPG	8
mo_7	LOC/PIR/FLA/LAT – CIL/D016 – CRL/CL12RPT6289	2
mo_8	PAR/PFT/RTN/TTE – CIL/D012 – CRL/CL8TSB300	2

Fonte: Primária

Por exemplo: ao consultar o sistema Gefer, o setor de Projetos identifica a disponibilidade de quatro componentes mo_1 , cinco mo_2 , dez mo_3 , quinze mo_4 , oito mo_5 , e seis mo_6 , todos ociosos no local de armazenamento da Linha de Produção 2 (Figura 52). Além desses, encontram-se disponíveis no Almojarifado Setorial da Ferramentaria dez componentes mo_2 , cinco mo_3 , dez mo_4 , um mo_5 , três mo_6 . Os componentes disponíveis na Linha de Produção 2 e na Ferramentaria são, então, emprestados para a Linha de Produção 1 na forma de movimentações externas entre setores, ficando registradas as respectivas pendências nos setores de origem. Como faltam, ainda, dois componentes, mo_1 , dois mo_7 , os quatro mm e a estrutura fixa sf_1 , o setor de Projetos, levando em consideração as condições técnicas e econômicas, solicita a compra dos dois primeiros e a construção interna dos demais. No primeiro caso, é emitida uma solicitação de compras ao setor de Compras e, no segundo, uma solicitação de serviços à Ferramentaria. O recebimento dos componentes modulares mo_1 e mo_7 adquiridos no mercado é feito pelo setor de Compras que, oportunamente, envia-os, através de uma movimentação externa, à Ferramentaria. Esta efetiva o recebimento dos itens no sistema Gefer e, após concluir a construção dos demais componentes faltantes (sf_1 , mm_1 , mm_2 ,

mm_3 e mm_4) solicitados pelo setor de Projetos, faz a montagem do DFP destinado à Linha de Produção 1. Nesse momento, todos os novos componentes são cadastrados no sistema Gefer, com seus locais de guarda definidos como sendo o local de armazenamento da Linha de Produção 1.

Após a montagem do DFP, o setor de Ferramentaria executa uma movimentação externa do mesmo para a Linha de Produção 1, mais especificamente para o seu local próprio de armazenamento. Nesse caso, o fluxo de informações via Gefer ocorre através da movimentação discriminada de cada componente do DFP, cada qual devendo ter seu recebimento efetivado pela Linha de Produção 1. No âmbito das linhas de produção, o fluxo de DFPs e de seus componentes acontece por meio de movimentações internas, sem gerar nenhuma pendência. Assim, quando os componentes dos DFPs não estiverem mais em uso nas máquinas, obrigatoriamente deverão retornar para seus locais de guarda na própria linha de produção.

Quando um componente de DFP em uso na Linha de Produção 1 é danificado ou está desgastado, o setor de Processos encarrega-se de informar o setor de Projetos, o qual, por sua vez, efetiva uma solicitação de compra ou de serviço, conforme o caso, para os setores de Compras ou Ferramentaria, respectivamente. Os componentes adquiridos e recebidos pelo setor de Compras são movimentados para a Ferramentaria, que faz seu recebimento e executa nova movimentação para a Linha de Produção 1, a qual também deve registrar o recebimento no sistema computacional. O mesmo procedimento é feito entre Ferramentaria e Linha de Produção 1 para os componentes de reposição que foram construídos internamente.

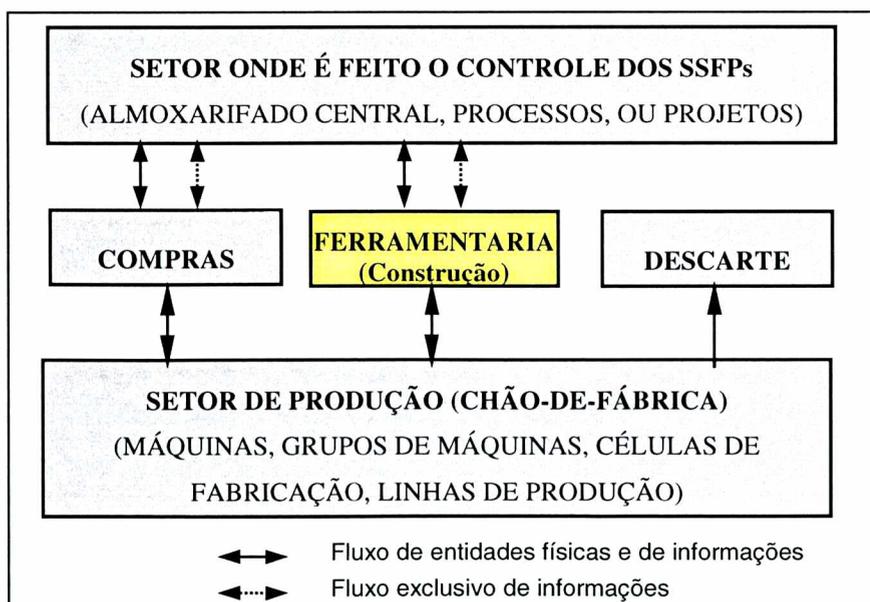
Quando uma linha de produção é reconfigurada para a fabricação de um novo produto, embora isso não ocorra com frequência, o setor de Projetos deve analisar o aproveitamento de componentes dos DFPs em outras linhas de produção, ou mesmo na Ferramentaria. Na possibilidade de aproveitamento, o setor de Projetos deve ordenar que sejam executadas movimentações externas entre setores de origem e de destino dos componentes de DFPs, bem como a redefinição dos locais para sua guarda. Já, para os componentes considerados inaproveitáveis na empresa, o setor de Projetos orienta o setor de origem deles para que efetue as devidas movimentações externas para o setor de Descarte.

f) Controle gerencial de SSFPs do tipo Dedicado-Temporário

As características destes SSFPs que devem ser consideradas para fins de seu controle gerencial são as seguintes:

- ocorrência eventual e simultânea com outros tipos de SSFPs;
- montagem em forma de estrutura rígida e sem desmontagem posterior;
- descarte total;
- funções normalmente atendidas pelos SSFPs Modulares dos diferentes tipos;
- inconveniência de Almojarifado ou local de armazenamento na fábrica;
- montagem (construção) na Ferramentaria, interna ou externa à empresa.

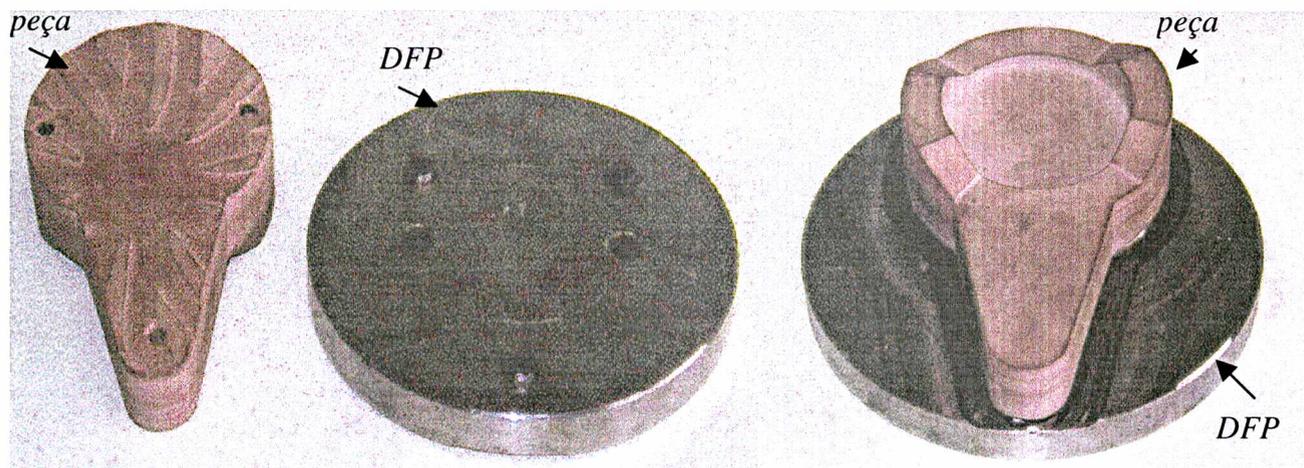
As características peculiares dos SSFPs tipo Dedicado-Temporário, principalmente a sua ocorrência eventual e simultânea com outros tipos, por um lado, inviabilizam a concepção de uma arquitetura de fluxos exclusiva e, por outro, requerem que a sua existência seja administrada intrinsecamente aos modelos de controle onde se inserem. Assim, para qualquer dos modelos de controle vistos anteriormente, a ocorrência simultânea de SSFPs tipo Dedicado-Temporário com outros tipos deverá ter seu modelo de controle adaptado a cada arquitetura de fluxos onde esses se inserem, conforme está esquematizado na Figura 54.



Fonte: Primária.

Figura 54 - Modelo genérico de arquitetura de fluxos para o controle de SSFPs do tipo Dedicado-Temporário.

Para efeito de exemplificação do controle de SSFPs do tipo Dedicado-Temporário, será considerado um caso de desenvolvimento de um DFP para fixar uma peça protótipo. Essa peça, conforme está mostrado na Figura 55, juntamente com o seu DFP, representa um modelo para a fundição de uma peça de reposição de máquina em uma empresa caracterizada pela produção em linha.



Fonte: Universidade de Passo Fundo.

Figura 55 – Exemplo de DFP tipo Dedicado-Temporário.

O controle gerencial do SSFP Dedicado-Temporário deste exemplo insere-se na arquitetura de fluxos dos SSFPs Dedicados-Permanentes e resume-se ao seguinte: um projeto rudimentar é enviado do setor de Projetos para a Ferramentaria, que, interagindo com aquele, desenvolve a construção do DFP utilizando, na medida do possível, apenas os recursos e matéria-prima disponíveis na empresa; como a usinagem da peça protótipo fixada pelo DFP então construído é realizada na própria Ferramentaria, esta se encarrega de efetuar o descarte do DFP após o seu uso.

Pelo simples fato de os DFPs tipo Dedicado-Temporário ou seus componentes não serem inventariados, obviamente por serem descartáveis, eles não são cadastrados no sistema Gefer. Portanto, e a rigor, também não devem ser considerados itens gerenciáveis, pelo menos no mesmo nível dos demais tipos de DFPs. Além disso, para que não haja perturbações no funcionamento do controle gerencial dos SSFPs na empresa, deve-se evitar a conjugação dos SSFPs tipo Dedicado-Temporário com os componentes de outros SSFPs cadastrados e inventariados no sistema Gefer.

g) Controle gerencial de SSFPs do tipo Uso-Geral

Estes SSFPs, em relação ao seu controle gerencial, apresentam as seguintes características:

- constituição através de componentes avulsos e diversificados;
- possibilidade de formação de subconjuntos modulares;
- versatilidade de uso;
- reaproveitamento freqüente de componentes;
- coexistência logística e estratégica com outros tipos de SSFPs;
- adequação ao uso de almoxarifado central;
- conveniência de montagem e preparo nas dependências do almoxarifado central.

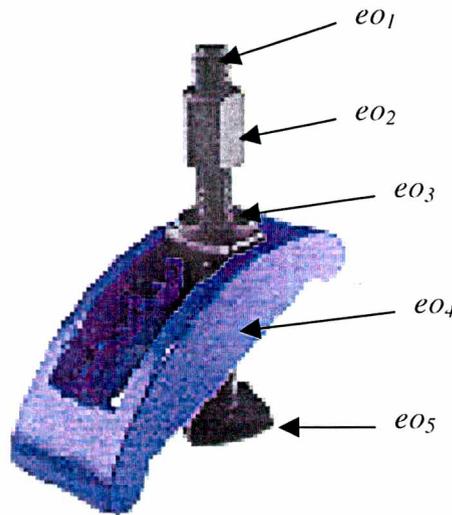
As características elencadas induzem à concepção de arquiteturas de fluxos diferenciados, com base nos tipos predominantes de SSFPs adotados nas empresas.

Assim, quando a indicação do tipo de SSFP recai sobre os Modulares-Generativos, Modulares-Mistos ou Modulares-Customizados, o modelo de controle para os SSFPs de Uso-Geral coexistentes com esses tipos fica automaticamente contemplado na respectiva arquitetura de fluxos, que, neste caso, corresponde ao esquema da Figura 47. Nesse caso, os componentes de SSFPs de Uso-Geral são considerados módulos.

Já, quando os SSFPs de Uso-Geral estão presentes em um ambiente de Tecnologia de Grupo que adota SSFPs do tipo Modular-Variante, os seus componentes devem ser tratados como componentes modulares básicos, com possibilidade de intercâmbio entre as células. Esses devem ficar armazenados junto aos almoxarifados das respectivas células que os utilizam com maior freqüência. Dessa forma, adota-se o mesmo modelo de arquitetura de fluxos dos SSFPs tipo Modular-Variante esquematizado na Figura 50 e nas mesmas condições funcionais.

Já, no caso de os SSFPs tipo Uso-Geral coexistirem com os Dedicados-Permanente, os seus componentes devem ficar armazenados junto ao almoxarifado que contém as ferramentas de corte e os acessórios de uso comum na fábrica, ou seja, o Almoxarifado de Ferramentas, que deve abrigar também os componentes de SSFPs de Uso-Geral, passando a fazer parte da arquitetura de fluxos para fins de controle gerencial. Essa situação está representada na Figura 56.

Figura 57 mostra a referida presilha universal e, na Tabela 40, estão listados os seus componentes de fixação, que, juntos, formam um subconjunto modular.



Fonte: Previsão, 1995.

Figura 57 – Exemplo de SSFP tipo Uso-Geral na forma de um subconjunto modular.

Tabela 40 - Componentes do SSFP tipo Uso-Geral da Figura 57.

Identificação no desenho	Código do componente de fixação	Quantidade
eo ₁	PAR/PRI/MAN/RTN – CIL/L095 – CCL/CLM12X95	1
eo ₂	POR/PSX/MAN/APE – CIL/D012 – HAL/2307012	1
eo ₃	ARS/ARR/AAJ/EMB – CIL/D013 – PRV/xxx	1
eo ₄	FIX/PRE/MAN/BNR – CIL/L120 – PRV/BT1	1
eo ₅	POR/PTE/MAN/RTN – PRI/W004 – HAL/2301142	1

Fonte: Primária.

O setor de Projetos, então, ordena uma movimentação externa da presilha universal e de seus componentes a partir do Almoxarifado de Ferramentas de Corte e de SSFPs de Uso-Geral para a Linha de Produção 1, gerando uma pendência no primeiro. A Linha de Produção 1, por sua vez, efetiva o recebimento dos componentes enviados e, ao mesmo tempo, faz uma movimentação externa do componente mo₁ danificado para o setor de Descarte. Os demais componentes associados ao mo₁ (ou seja, mo₂, mo₃, mo₄, mo₅ e mo₆) ficam depositados no local de armazenamento da Linha de Produção 1 até que novo componente mo₁ esteja disponível.

Paralelamente a essas ações, o setor de Projetos emite uma solicitação de compra do componente mo_1 para o setor de Compras. Ao recebê-lo, este setor faz uma movimentação externa para a Ferramentaria, que efetua o recebimento, confere as especificações técnicas e faz nova movimentação externa para a Linha de Produção 1. Esta, então, efetiva o recebimento do componente mo_1 e, oportunamente, providencia sua reposição na máquina em substituição à presilha universal. Assim, componentes do SSFP são enviados para o Almoxarifado de Ferramentas de Corte e de SSFPs de Uso-Geral, que faz o recebimento eliminando a pendência até então existente nesse setor.

h) Sumário sobre o controle gerencial dos SFPs das empresas

O controle gerencial sistematizado e informatizado de SFPs voltados para os processos de usinagem é orientado pelas características dos diferentes tipos de SSFPs associadas ao ambiente fabril onde esses se inserem. A diversidade de características técnicas, funcionais, logísticas e estratégicas envolvendo os SSFPs inviabiliza uma sistemática gerencial única para todos. São exigidas, assim, arquiteturas de fluxos representativas de cada tipo de SSFPs, nas quais possa ser implementado um tratamento sistematizado de controle através das entidades físicas e das informações dos SSFPs de mesmo tipo. Essa representatividade é fundamentada na preservação das identidades funcional e estratégica da empresa e na mínima interferência sobre o SFP desta.

A iniciativa de tratar cada componente de SSFP como uma entidade identificada e codificada, ou seja, um item, possibilita utilizar os modernos SGBD com seus valiosos recursos de monitoramento e controle, além de uma série de outros benefícios administrativos em nível de chão-de-fábrica e de escritório das empresas.

Os modelos gerenciais desenvolvidos para cada tipo de SSFP não são extremamente rígidos nas suas concepções, podendo sofrer ajustes convenientes tanto na configuração dos setores dentro do SGBD quanto nos fluxos de entidades físicas e de informações das respectivas arquiteturas de fluxos. No entanto, a estrutura de modelo gerencial de cada tipo de SSFP não deve ter sua essência alterada, sob o risco de se perder a capacidade de sistematização.

A rigor, diferentes modelos gerenciais de SSFP podem coexistir em uma empresa, desde que o SGBD em uso seja configurado adequadamente quanto aos limites e atribuições dos diferentes setores envolvidos. Assim, uma empresa estruturada em linhas de produção com arquitetura de fluxos configurada para SSFPs tipo Dedicado-Permanente pode ter seu setor de Ferramentaria funcionando em modelo de SSFP tipo Modular-Customizado, desde que subordinado a um setor único de controle previamente configurado no SGBD.

Para todos os modelos de controle gerencial de SSFP, a modularidade é uma constância e sua predominância facilita a administração e o controle na área de SFPs através da possibilidade de sistematização e, conseqüentemente, de informatização. Associada à questão da modularidade, a união dos almoxarifados de ferramentas de corte com os SSFPs é uma importante providência para a sistematização do gerenciamento informatizado em chão-de-fábrica utilizando-se um único SGBD.

CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados da pesquisa qualitativa efetuada e que subsidiou parcialmente o desenvolvimento da metodologia para gerenciamento de SFPs proposta do presente trabalho e fundamentado nos resultados desse desenvolvimento, é possível fazer as conclusões e recomendações relatadas abaixo.

7.1 Conclusões

A pesquisa qualitativa permitiu constatar que as empresas do setor metal-mecânico que trabalham com processos de usinagem tendem a não fazer o gerenciamento de seus respectivos SFPs de forma sistematizada, além de não disporem de recursos tecnológicos e estratégias organizacionais que garantem essa sistematização. Tal constatação leva à validação da hipótese 1 formulada neste trabalho.

A pesquisa qualitativa é uma metodologia de origem e aplicação típicas da área das Ciências Humanas, mas também apresenta valiosas contribuições para o desenvolvimento de conceitos, ferramentas e modelos tecnológicos voltados para a concepção e otimização de sistemas produtivos e organizacionais na área das engenharias. Essa contribuição torna-se mais importante, senão indispensável, à medida que se consolida o paradigma da globalização de mercados, impulsionado pela evolução tecnológica e pela competitividade, que, por sua vez, gera uma dinâmica muito grande nas empresas e uma conseqüente necessidade de apoio por parte das comunidades científica e tecnológica. A experiência vivenciada por este pesquisador e os resultados obtidos na aplicação da pesquisa qualitativa no contexto deste trabalho permitem concluir que essa metodologia deveria ser utilizada com maior freqüência e regularidade em pesquisas da área das engenharias.

Considerando que os trabalhos de P&D na área de SFPs estão fortemente concentrados na aplicação de sistemas especialistas para resolver problemas de projeto e

montagem dos DFPs, conclui-se que a formalização de uma estrutura de regras do conhecimento voltadas para os aspectos organizacionais e técnico-administrativos nessa área e respaldada na experiência e vivência prática dos usuários e fabricantes de SSFPs constitui-se num importante complemento a esses trabalhos de P&D. Adicionalmente, essa estrutura de regras, proposta no presente trabalho e devidamente implantada em uma *shell* de sistema especialista, representa uma metodologia que permite documentar, formalizar e preservar a experiência adquirida pelos profissionais das empresas após muitos anos de trabalho e facilmente suscetível de ser perdida.

O conjunto de procedimentos desenvolvidos para realizar a padronização e a organização na área de SFPs, a formalização da taxinomia de tipos de SSFPs e sua estrutura de regras de seleção, assim como a metodologia de projeto de sistemas modulares sugerida constituem, em essência, os recursos metodológicos para a sistematização do gerenciamento de SFPs, o que vem comprovar a hipótese 2 deste trabalho.

A padronização e a modularidade na área dos SFPs apresentam-se como recursos imprescindíveis para a viabilização e sustentação de uma metodologia de gerenciamento sistemático, em face da complexidade dessa área e da diversidade de informações envolvidas. Da mesma forma, a transformação dos DFPs Dedicados em SSFPs Modulares constitui-se numa ação de relevante contribuição para a simplificação do gerenciamento de SFPs e, conseqüentemente, para a redução de custos e tempos de *set-up*, considerando a situação atual da aplicação desses nas empresas.

A taxinomia de tipos de SSFPs baseada nas características de sua aplicação e a estruturação dos fluxos de entidades físicas e de informações em arquiteturas direcionadas a cada um desses tipos representam a síntese da organização na área de SFPs e os aspectos balizadores de uma metodologia de gerenciamento sistematizado ampla e flexível nessa área.

Com a disponibilização de uma metodologia sistemática para o gerenciamento de SFPs fundamentada na padronização e na modularidade, as necessidades de fixação de novas peças a serem usinadas não devem mais ser vistas apenas como atividades, geralmente onerosas, de projeto e de fabricação de novos SFP. Pelo contrário, devem se consistir numa tarefa de planejamento do *lay-out* de uma nova montagem, utilizando métodos e recursos já disponíveis, representando, dessa forma, ganhos em produtividade

e custos. Considerando a nova ordem econômica globalizada, os benefícios tecnológicos e econômicos que a padronização e a modularidade proporcionam para as empresas do setor metal-mecânico através do gerenciamento sistematizado de SFPs são relevantes para a competitividade destas organizações. Porém, tais benefícios ainda não foram suficientemente assimilados por elas. Nesse sentido, o modelo para o gerenciamento de SFPs proposto neste trabalho representa o ponto de partida para reverter essa situação.

A partir do modelo de gerenciamento de SFPs desenvolvido e proposto no presente trabalho, tem-se uma metodologia ampla e flexível que, definitivamente, contribui para a efetivação de uma sistemática que leva em consideração os aspectos técnico, logístico e estratégico envolvidos com os SSFPs nas empresas durante todo o ciclo de vida desses e que, em razão da complexidade de funções e do descaso tido na área de SFPs, sempre foi relegada a um plano de importância inferior. Esta metodologia é a comprovação da hipótese 3 formulada no contexto deste trabalho.

Se, por um lado, o volume de informações que devem estar contempladas em uma metodologia de gerenciamento de SFPs exige técnicas e ferramentas computacionais, como os sistemas especialistas e os sistemas gerenciadores de bancos de dados, por outro, essas mesmas informações pertinentes à referida metodologia podem ser disponibilizadas na Internet e, assim, contribuir globalmente para a solução de problemas gerenciais e para a normalização na área de SFPs. Nesse sentido, o presente trabalho fornece importantes subsídios, notadamente através da taxinomia de tipos de SSFPs, das estruturas de classificação de seus componentes e da formalização de um banco de dados sobre componentes de SSFPs no sistema Gefer.

O fato de a concepção do modelo de gerenciamento proposto neste trabalho ser direcionada ao uso de sistemas gerenciadores de bancos de dados com fluxo de informações veiculado em rede de computadores possibilita a disponibilização de tais informações em diferentes setores das empresas. Por conseqüência, constitui-se num elemento indutor da prática da Engenharia Simultânea e, ao mesmo tempo, num meio facilitador da consolidação dessa prática nas empresas. Esta conclusão leva em conta que as informações requeridas para as atividades de planejamento dos DFPs, com ênfase para a fase de projeto conceitual, devem estar interligadas com aquelas do projeto da peça a ser fixada, o planejamento do processo de usinagem e a seleção de ferramentas de corte, exigindo a interação de diferentes setores da empresa.

O tratamento das informações baseado em itens de SSFPs devidamente classificados e codificados induz à aplicação de uma única filosofia organizacional das informações entre o SFP e o sistema de ferramentas de usinagem, bem como à unificação dos procedimentos e dos recursos gerenciais de ambos. Essa situação proporciona uma simplificação ainda maior do processo gerencial nas empresas. Nesse sentido, o sistema computacional Gefer constitui-se numa ferramenta apropriada para auxiliar o gerenciamento simultâneo de um sistema de ferramentas de usinagem e de um SFP em uma única plataforma computacional. Isso foi constatado neste trabalho através da introdução e movimentação de dados e informações de SSFPs no Gefer em substituição àqueles de ferramentas de corte.

Embora a metodologia desenvolvida neste trabalho tenha sido direcionada a SSFPs usados em processos de usinagem, a mesma filosofia que a embasa pode ser adotada em outros processos de fabricação e controle, como a soldagem e a metrologia.

A conscientização e a educação das pessoas envolvidas nas atividades de planejamento, administração e uso dos SSFPs são requisitos subjetivos no domínio do seu gerenciamento, porém a prática do treinamento para assegurar tais requisitos deve ser um procedimento sistematizado de qualquer metodologia nesse domínio.

7.2 Recomendações para trabalhos futuros

Entende-se que a metodologia para o gerenciamento de SFPs proposta constitui-se na fase inicial de um trabalho amplo e contínuo de sistematização e otimização nessa área. Por conseqüência, novos trabalhos de P&D poderiam ser realizados a partir deste, como os que se indica:

- Desenvolvimento de recursos computacionais no sistema Gefer para aquisição e processamento de dados e informações referentes a componentes de SSFPs;
- Ampliação da base de conhecimentos inserida no protótipo de sistema especialista para a seleção de SSFPs desenvolvida no presente trabalho;
- Desenvolvimento de geometrias padronizadas de conexões entre componentes de SSFPs, visando à montagem automática por computador e considerando a

proposta de encaixes ED-ET deste trabalho juntamente com a metodologia de projeto de sistemas modulares, proposta por Maribondo et alii (1999c);

- Elaboração de uma norma de classificação e codificação de SSFPs e dos seus componentes individuais, fundamentada nas respectivas estruturas desenvolvidas neste trabalho.

CAPÍTULO 8

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERT, M., 1998, Mark my word: seven ways to think about workholding. **Modern Machine Shop**, Cincinnati. Informação por correio eletrônico. www.mmsonline.com/columns/0598.html.
- ALLMATIC., 1996, **Spannsysteme**. Germany.
- BACK, N., 1983, **Metodologia de projeto de produtos industriais**. Rio de Janeiro : Guanabara Dois.
- BARTON, S.C., 1997, A fixação magnética de peças é aplicável também no fresamento e no torneamento. **Máquinas e Metais**, São Paulo, n. 377, p. 24-33.
- BEARD, T. , 1991, Managing the shop in real-time. **Modern Machine Shop**, Cincinnati, v. 64, n. 6, p. 92-99.
- BOEHS, L., 1988, **Projeto e Implantação de um Sistema Computadorizado de Banco de Dados de Usinagem (CINFUS)**. Florianópolis. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- BOEHS, L., 1992, **Organização de Informações na Área de Fabricação—Ênfase Ferramentas para Usinagem**. Florianópolis. Monografia (Professor Titular) - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- BOEHS, L., 1998, **Gerenciamento de ferramentas – otimização de condições de corte**. Apostila do Curso de Especialização em Automação Industrial realizado na UPF, Passo Fundo. Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- BOEHS, L.; GUENTHER, J.F., 1994, Gerenciamento via computador: um fator decisivo para a organização, racionalização e utilização de ferramentas de usinagem. **Anales de VI Congreso Nacional de Ingenieria Mecanica**. Santiago, v. 1, p. 83-88.

- BOERMA, J.R.; KALS, H.J.J., 1988, **FIXES**, a system for automatic selection of set-ups and design of fixtures. **Annals of the CIRP**, Bern, v. 37, n. 1, p.443-446.
- BOYES, W.E. , 1989, **Handbook of jig and fixture design**. 2.ed. Dearborn : SME.
- BOYES, W.E., 1986, **Low-cost jigs, fixtures and gages for limited production**. Dearborn : SME.
- BRUYNE, P.; HERMAN, J.; SCHOUTHEETE, M., 1991, **Dinâmica da Pesquisa em Ciências Sociais: os polos da prática metodológica**. 5.ed. Rio de Janeiro.
- BUENO, F. S., 1996, **Minidicionário da língua portuguesa**. São Paulo : FTD.
- BURBRIDGE, J.L., 1975, **The Introduction of Group Technology**. New York : Wiley.
- CAILLAUD, E.; NOYES, D.; ANGLEROT, G. et alii., 1994, Sistema de fixação de peças: um conhecimento especializado. **Máquinas e Metais**, São Paulo, n. 346, p. 26-33.
- CAMPOS, V.F., 1992, **Controle da qualidade total**. 5.ed. Belo Horizonte : Fundação Christiano Ottoni.
- CARR LANE Mfg Co., 1995a, **Jig and fixture handbook**. 2.ed. St. Louis : Carr Lane Mfg Co.
- CARR LANE Mfg Co., 1991, **Modular fixturing handbook**. 2.ed. St. Louis : Carr Lane Mfg Co.
- CARR LANE Mfg Co., 1995b, **Component parts of jig and fixtures**. St. Louis. Catálogo.
- COGUN, C. , 1990, The importance of the application sequence of clamping forces on workpiece accuracy. **Microtecnic**, Zurich, v . 3, p. 72-75.
- CONSALTER, L.A., 1996, **Introdução ao projeto e gerenciamento de sistemas de fixação de peças**. Florianópolis. Monografia (Pós-Graduação em Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- CONSALTER, L.A.; BOEHS, L. , 1999, **A Situação do Gerenciamento de Sistemas de Fixação de Peças na Forma de Declarações Categorizadas**. Florianópolis : Publicação Interna no Grucon. Universidade Federal de Santa Catarina. Tabelas.
- DARVISHI, A.R.; GILL, K.F., 1988, Knowledge representation database for the development of a fixture design expert system . **Proceedings of Institution of Mechanical Engineers**, London, v. 202, n. B1, p. 37-49.
- DARVISHI, A.R.; GILL, K.F., 1990, Expert system rules for fixture design . **International Journal Production Research**, London, v. 28, n. 10, p. 1901-1920.

- DEMO, P., 1991, **Pesquisa: Princípio Científico e Educativo**. São Paulo : Autores Associados.
- DEMPSEY, P.A.; DEMPSEY, A.D., 1992, **Nursing Research with Basic Statistical Application**. 3.ed. Boston : Jones and Bartlett.
- DONG, X.; DE VRIES, W.R., 1991, Feature-based reasoning in fixture design. **Annals of the CIRP**, Bern, v. 40, n. 1, p.111-114.
- ERIXON, G.; YXKULL, A.; ARNSTRÖM, A., 1996, Modularity – the basis for product and factory reengineering. **Annals of the CIRP**, Bern, v. 45, n. 1, p.1-6.
- ERIXON, G.; ERLANDSSON, A.; YXKULL, A.; et alii., 1994, **Modular design – the basis for customized manufacturing**. Annual International Conference on Industry, Engineering and Management Systems, [s.n.].
- ERIXON, G.; OSTGREN, B., 1993, Synthesis and evaluation tool for modular design. **International Conference on Engineering Design**, The Hague, v. 1, p. 898-905.
- ERLANDSSON, A.; ERIXON, G.; ÖSTGREN, B., 1992, **Product modules – the link between QFD and DFA**. The International Forum on Product Design for Manufacture and Assembly, Newport.
- ERWIN HALDER KG., 1992, **Modular jig and fixture systems**. Achstetten-Bronnen. Catálogo.
- FABRICKY, W.J.; BLANCHART, B.S., 1981, **Systems Engineering and Analysis**. New Jersey : Prentice-Hall.
- FERREIRA, A.B.H., 1986, **Novo dicionário da língua portuguesa**. 2. ed. Rio de Janeiro : Nova Fronteira.
- FERREIRA, J.C.E. , 1998, **Planejamento do processo assistido por computador**. Apostila do Curso de Especialização em Automação Industrial realizado na UPF, Passo Fundo. Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- FIXO/AMF-INDUSTÉCNICA EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA., 1995, **Grampos fixadores rápidos**. São Paulo.
- FRONBER, M.; HENNING, W.;THIEL, H. Et alii., 1984, **Vorrichtungen – gestalten, bemessen und bewerten**. Berlin : VEB VERLAG TECHNIK.
- GIARRANTANO, J.; RILEY, G. , 1994, **Expert systems – principles and programming**. 2.ed. Boston : PSW Publishing Co.

- GRANT, H.E. , 1982, **Dispositivos em usinagem: fixações, localizações e gabaritos não-convencionais**. São Paulo : Livraria Ciência e Tecnologia.
- GU, P.; HASHEMIAN, M.; SOSALE, S., 1997, An integrated modular design methodology for life-cycle engineering. **Annals of the CIRP**, Bern, v.46, n. 1, p. 71-74.
- HALLUM, D.L. , 1995, Tool changes in a jiffy. **American Machinist**, Highstown, v. 138. n. 1, p 41-44.
- HIRSCH, B.E.; THOBEN, K.D.; HÄMMERLE, E. et alii. , 1994, CAD/CAM integration of fixture planning for nonprismatic parts based on fixturing features. **Proceedings of IFIP International Conference**, Valenciennes, v. 2, p. 803-815.
- HOFFMAN, E.G., 1998, **Fundamentals of tool design**. Dearborn : SME.
- HSU, C.; CHO, J.; RATTNER, L. , 1995, Core information model: a practical solution to costly integratino problems. **Computers and Industrial Engineering**, Oxford, v. 28, n. 3, p.523-544.
- HUANG, S.; TRAPPEY, J.C., 1992, The integration of modular fixture database, fixturing knowledge and 3-D fixture planning interface. **Computers and Industrial Engineering**, Oxford, v. 23, n. 1-4, p. 381-384.
- INDUSTÉCNICA EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA. , 1996, **Sistemas de fixação Fixo**. São Paulo.
- INTELLICORP INC., 1992, **Kappa user's guide**. Version 2.0. USA. Manual do usuário.
- JIANG, W.; WANG, Z.; CAI, Y., 1988, Computer-aided group fixture design. **Annals of the CIRP**, Bern, v.37, n. 1, p.145-148.
- JONES, E.J.H., 1972, **Production engineering-jig and tool design**. London : Buttetworth & Company Ltd.
- KEMPSTER, M.H.A., 1968, **Principles of jig and tool design**. New York : Hart Publishing Company.
- KOELSCH, J.R. , 1997, Flexible tombstones firm up productivity. **Manufacturing Engineering**, Michigan, v. 118, n. 4.
- KOEPFER, C. , 1996, Flexible workholding for flexible cells. **Modern Machine Shop**, Cincinnati. Informação por correio eletrônico.
www.gardnerweb.com/mms/magazine/articles/059601.html.

- KOEPFER, C. , 1997, Vacuum workholding improves processes flexibility. **Modern Machine Shop**, Cincinnati. Informação por correio eletrônico. www.gardnerweb.com/mms/magazine/articles/059707.html.
- KUMAR, A.S.; NEE, A.Y.C.; PROMBANPONG, S., 1992, Expert fixture-design system for an automated manufacturing environment. **Computer-Aided Design**, Guildford, v. 24, n. 6, p. 316-326.
- KUSIAK, A.; HUANG, C.C., 1996, Development of modular products. **IEEE Transactions on Components, Packaging, and Manufacturing Technology – Part A**, New York, v. 19, n. 4.
- LEE, S.H.; CUTKOSKY, M.R., 1991, Fixture planning with friction. **Journal of Engineering for Industry – Transaction of the ASME**, New York, v. 113, n. 3, p. 320-327.
- LEE, S.; CHO, K.K. , 1994, Comparison of limit surface approach with other approaches in fixture planning with friction. **Annals of the CIRP**, Bern, v. 43, n. 1, p.331-335.
- LEE, J.D.; HAYNES, L.S., 1987, Finite-element analysis of flexible fixture system. **Journal of Engineering for Industry – Transaction of the ASME**, New York, v. 109, p. 134-139.
- LIU, C. , 1995, A gradual transformation from dedicated fixture system to modular fixture system. **Bulletin of the College of Engineering**, Taipei, p.97-109.
- LIU, C. , 1994, A systematic conceptual design of modular fixtures. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, London, p.217-224.
- LORINI, F.J. , 1993, **Tecnologia de grupo e organização da manufatura**. Florianópolis : UFSC.
- MARIBONDO, J.F.; BACK, N.; FORCELLINI, F.A. , 1999a , **Termos técnicos utilizados no desenvolvimento de sistemas modulares**. Florianópolis : Publicação Interna no Nedip. Universidade Federal de Santa Catarina. Tabela.
- MARIBONDO, J.F.; BACK, N.; FORCELLINI, F.A. , 1999b, **Diretrizes para o desenvolvimento de uma metodologia de projeto de sistemas modulares**. Trabalho submetido ao XV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, Águas de Lindóia.
- MARIBONDO, J.F.; BACK, N.; FORCELLINI, F.A. , 1999c, **Uma proposta metodológica para o desenvolvimento de unidades de processamento de resíduos sólidos**

- domiciliares.** Trabalho submetido ao XV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, Águas de Lindóia.
- MARIBONDO, J.F.; BACK, N.; FORCELLINI, F.A. , 1999d, **Metodologia de projeto de sistemas modulares.** Florianópolis: Publicação Interna no Nedip. Universidade Federal de Santa Catarina. Algoritmos.
- MARIBONDO, J.F., 1997, **Desenvolvimento de uma sistemática de projeto de sistemas modulares aplicada a unidades de processamento de lixo domiciliar.** Florianópolis. Projeto de Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- MAZIERO, N.L., 1998, **Um sistema computacional inteligente de suporte ao projeto, manufatura e montagem de peças baseado em *features*: Uma abordagem com sistemas especialistas.** Florianópolis. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica)- Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- MENASSA, R.G.; DE VRIES, W.R., 1989, Locating point syntesis in fixture design. **Annals of the CIRP**, Bern, v.38, n. 1, p.165-169.
- MENASSA, R.G.; DE VRIES, W.R., 1991, Optimization methods applied to selecting support in fixture design. **Journal of Engineering for Industry – Transaction of the ASME**, New York, v. 113, p. 412-418.
- MINAYO, M.C.S.; DESLANDES, S.F.; CRUZ NETO, O et alii., 1996, **Pesquisa Social: teoria, método e criatividade.** 6.ed. Petrópolis : Vozes.
- MINAYO, M.C.S. , 1992 , Fase de Trabalho de Campo. In: MINAYO, M.C.S. **O Desafio do Conhecimento. Pesquisa Qualitativa em Saúde.** São Paulo-Rio de Janeiro : Hucitec-Abrasco. p. 105-196.
- MITROFANOV, S.P., 1959, **Scientific Fundamentals of Group Technology.** URSS.
- MORSE, J.M., 1991, **Qualitative Nursing Research.** Newbury Park : Sage Publications, California.
- NEE, A.Y.C.; WHYBREW, K.; SENTHIL KUMAR, A., 1995, **Advanced fixture design for FMS.** London : Springer-Verlag.
- NEE, A.Y.C.; SENTHIL KUMAR, A.; PROMBANPONG, S; et alii. , 1992, A feature-based classification scheme for fixtures. **Annals of the CIRP**, Bern, v.41, n. 1, p.189-192.
- NGOI, B.K.A.; LEOW, G.L. , 1994, Modular fixture design: a designer's assistance . **International Journal Production Research**, London, v. 32, n. 9, p. 2083-2104.

- OGLIARI, A., 1999, **Sistematização da concepção de produtos auxiliada por computador com aplicações no domínio de componentes de plástico injetado**. Florianópolis. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- OGLIARI, A., 1996, **Sistemas especialistas: conceitos, características, representação e aquisição do conhecimento, ferramentas e aplicações na engenharia**. Florianópolis. 98p. Trabalho não publicado. Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- ONÇA-AUTOBLOK INDÚSTRIAS METALÚRGICAS S.A., 1996, **Placas automáticas, cilindros rotativos, placas pneumáticas, placas indexáveis**. Valinhos. Catálogo.
- PAHL, G.; BEITZ, W., 1996, **Engineering design - a systematic approach**. London : Springer-Verlag.
- PATTON, M.Q., 1986, **Qualitative Evaluation Methods**. 7.ed. Beverly Hills : Sage Publications.
- PEREIRA, G.M.; CUNHA, G.D., 1996, Análise de requisitos para um sistema de projeto de fixações assistido por computador. **Máquinas e Metais**, São Paulo, n. 364, p. 98-106.
- PHAM, D.T.; DE SAN LAZARO, A., 1990, An expert CAD system for jigs and fixtures. **International Journal of Machine Tools Manufactures**, Oxford, v. 30, n. 3, p. 403-411.
- PEREIRA, M.W., 1991, **Desenvolvimento de dispositivos de medição para controle geométrico**. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- PIZZATTO, A., 1998, **Sistemática de projeto para produtos modulares com aplicação em móveis**. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- POLIT, D.F.; HUNGLER, B.P. , 1995, **Fundamentos de Pesquisa em Enfermagem**. 3.ed. Artes Médicas.
- PREVISAÇÃO INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE PRESILHAS LTDA., 1995, **Elementos de Fixação - Troca rápida**. São Paulo. Catálogo.
- PROVETTO SOLUÇÕES INTELIGENTES., 1998, **Sistema gerenciador de ferramentas de usinagem**. Florianópolis. Manual.

- REZENDE, D. F., 1996, **Planejamento de processos de fabricação assistido por computador através de um sistema especialista baseado na tecnologia de features: um modelo de desenvolvimento voltado para a realidade industrial.** Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- SAINT-CHELY, J.; CRAPART, J.; PASCAL, L. et alii. , 1992, Codificação de ferramentas: a base de um gerenciamento eficaz. **Máquinas e Metais**, São Paulo, n. 320 , p. 30-37.
- SAYEED, Q.A.; DE METER, E.C. , 1994, Machining fixture design and analysis software. **International Journal Production Research**, London, v. 32, n. 7, p. 1655-1674.
- SIMON, A.T. , 1991, Sistema de fixação de peças por morsas modulares. **Máquinas e Metais**, São Paulo, n. 309, p. 22-24.
- SIONG, L.B.; IMAO, T.; YOSHIDA, H. Et alii. , 1992, Integrated modular fixture design, pricing and inventory control expert system. **International Journal Production Research**, London, v. 30, n. 9, p. 2019-2044.
- SOSALE, S.; HASHEMIAN, M.; GU, P., 1997, Product modularization for reuse and recycling. In: [s.n.]. **Concurrent Product Design and Environmentally Conscious Manufacturing**, ASME. p.195-206.
- SUN, S.H.; CHEN, J.L. , 1993, A fixture design system based on case-based reasoning. **International Conference on Engineering Design**, The Hague, v. 2, p. 1377-1383.
- STEVAN, M.S.; SCHMIDT, M.A.; SANTOS, R.S., 1997, **Classificação e codificação de ferramentas e elementos de fixação de ferramentas.** Florianópolis. 12p. Trabalho não publicado do Curso de Pós-Graduação. Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- TECNOMAGNETE, 1996, **Platos Magnéticos Electropermanentes Quadrissistema série QS.** Italy. Catálogo.
- TERAMOTO, K.; ONOSATO, M.; ITAWA, K. , 1998, Coordinative generation of machining and fixturing plans by a modularized problem solver. **Annals of the CIRP**, Bern, v.47, n.1, p.437-440.
- TRAPPEY, A.J.; LIU, C.R. , 1992, An automatic workholding verification system. **Robotic & Computer-Integrated Manufacturing**, v.9, n. 4/5, p.321-326.
- ULLMAN, D.G., 1992, **The Mechanical Design Process.** New York : McGaw-Hill Inc.

- VDI., 1989, **Systematic Approach to the Design of Technical Systems and Products**. 2221. Düsseldorf.
- VEERAMANI, D.; UPTON, D.M.; BARASH, M.M., 1992, Cutting-tool management in computer-integrated manufacturing. **The International Journal of Flexible Manufacturing Systems**. Irvine, n. 3/4, p. 237-265.
- WALKER, W.F. , 1967, **Beginners guide to jig and tool design**. London : George Newnws Ltd.
- WATERMAN, D.A., 1986, **A guide to expert systems**. Santa Monica : Addison-Wesley.
- WIEKE, H.; GROPP, H.; GEßLER, W., 1998, O concreto polimérico já é usado também em estruturas de dispositivos de fixação. **Máquinas e Metais**, São Paulo, n. 384, p. 18-26.
- WIENDAHL, H.P.; SCHOLTISSEK, P., 1994, Management and control of complexity in manufacturing. **Annals of the CIRP**, Bern, v. 43, n. 2, p.533-540.
- YUE, Y.; MURRAY, J.L., 1994, Validation, workpiece selection and clamping of complex 2.5D components. In: SHAH, J.J.; NAU, D.S. **Advances in Feature Based Manufacturing**. Amsterdam : Elsevier Science B.V. p. 185-213.

ANEXOS

ANEXO A

QUESTIONÁRIO DE ENTREVISTAS

As perguntas estão separadas por assunto, de acordo com os seguintes módulos:

- Módulo 1: Seleção e montagem (projeto)
- Módulo 2: Padronização de DFPs e de componentes de fixação
- Módulo 3: Classificação e codificação de DFPs e de componentes de fixação
- Módulo 4: Documentação e base de dados
- Módulo 5: Controle logístico
- Módulo 6: Organização e racionalização fabril dos SFPs
- Módulo 7: Geral

MÓDULO 1: Seleção e montagem (projeto)

- 1.a. Para situar adequadamente as informações desta entrevista, é importante identificar o ambiente de aplicação dos DFPs na sua empresa. Para isso, eu gostaria que o senhor(a) descrevesse o sistema de produção (por exemplo, fabricação em lotes, em série, flexível, etc.) e os tipos de produtos que são usinados em sua empresa.
- a) Sistema de produção.
 - b) Tipos de produtos.
- 1.b. Toda vez que é programada a usinagem de um novo lote de peças, é necessário planejar e montar o DFP mais apropriado.
- Quais são, detalhadamente, os procedimentos adotados em sua empresa para executar estas tarefas de planejamento (seleção) dos DFPs e a sua montagem ?
- 1.c. Baseado na sua experiência, quais são os aspectos positivos (virtudes) da metodologia usada em sua empresa para fazer o planejamento e a montagem dos DFPs ?
- 1.d. E quais são os aspectos negativos (deficiências) ?
- 1.e. Na sua opinião, qual seria o melhor procedimento para fazer o planejamento e a montagem dos DFPs ?

MÓDULO 2: Padronização de DFPs e de componentes de fixação

- 2.a. De que maneira a padronização de DFPs e de seus componentes é conduzida (realizada) em sua empresa ?
- 2.b. Considerando a importância do assunto, como são consideradas as questões de padronização geométrica e dimensional dentro da sua empresa ?
- 2.c. A próxima pergunta é, propositadamente, vaga e, portanto, gostaria que o senhor(a) ficasse muito à vontade para responder da forma que melhor lhe convier.
Qual é a sua opinião sobre a modularização dos DFPs ?

MÓDULO 3: Classificação e codificação de DFPs e de componentes de fixação

- 3.a. Qual é a sistemática de classificação e de codificação usada em sua empresa para os DFPs e seus componentes ?
- 3.b. Como o sistema de classificação e codificação de sua empresa é aplicado nas atividades técnicas/administrativas do gerenciamento do SFP.
- 3.c. Existem algumas técnicas de classificação ainda pouco adotados na maioria das indústrias, como a classificação por objetos (famílias) e a classificação por *features*. Portanto, é perfeitamente natural que o senhor(a) possa não as conhecer. Mas, caso o senhor(a) tenha conhecimento destes sistemas, ou de outro qualquer, poderia dar a sua opinião sobre a aplicação destes em SFPs ?

MÓDULO 4: Documentação e base de dados

- 4.a. Como são gerenciadas (manipuladas) as informações sobre os procedimentos técnicos e administrativos relacionados com os DFPs ?
- 4.b. Como são arquivados os dados técnicos e administrativos dos DFPs e de seus componentes ?
- 4.c. Quais são as providências que são tomadas na empresa para preservar a experiência acumulada na área de SFPs, no que se refere aos projetistas, processistas, supervisores e operadores ?
- 1º) Projetistas
- 2º) Processistas

3º) Supervisores

4º) Operadores.

4.d. Aproveitando a sua experiência, gostaria de ouvir suas recomendações de como proceder para assegurar que o conhecimento adquirido na área de SFPs não fosse perdido.

MÓDULO 5: Controle logístico

5.a. Considerando a questão do gerenciamento de SFPs, como funciona o controle sobre os DFPs quanto a: recebimento, identificação, registro, existência, localização na fábrica, disponibilidade, inventário e descarte?

1º) Recebimento

2º) Identificação

3º) Registro

4º) Existência

5º) Localização na fábrica

6º) Disponibilidade

7º) Inventário

8º) Descarte.

5.b. Quanto à localização e ao funcionamento dos almoxarifados de DFPs e de componentes de fixação, gostaria de saber como são distribuídos os almoxarifados na fábrica, e quais são os procedimentos usados dentro dos almoxarifados.

1º) Distribuição dos almoxarifados na fábrica

2º) Procedimentos funcionais nos almoxarifados.

5.c. Como é feito o controle de fluxo dos DFPs, considerando desde o pedido por parte dos responsáveis pela programação da usinagem até o armazenamento (ou descarte) do DFP ?

5.d. Quais são os procedimentos adotados para o transporte e para a manutenção de DFPs dentro de sua empresa ?

1º) Transporte

2º) Manutenção.

MÓDULO 6: Organização e racionalização fabril nos SFPs

- 6.a. Com base na sua experiência dentro desta empresa, o senhor(a) poderia descrever a estrutura organizacional do SFP ?
- 6.b. Quais são os procedimentos usados para assegurar a racionalização do SFP?
- 6.c. Quais foram as ações desenvolvidas para a implantação de procedimentos sistemáticos de administração do SFP na empresa ?

MÓDULO 7: Geral

- 7.a. Esta próxima pergunta é particularmente importante para o trabalho que estamos desenvolvendo e acredito que, futuramente, também para a sua empresa. No entanto, esta pergunta pode ser difícil de ser respondida com convicção (e segurança), mesmo assim eu gostaria muito de saber a sua opinião sobre ela.

Na sua opinião, como o computador pode auxiliar o gerenciamento de SFPs em cada um dos módulos (assuntos) tratados até agora, ou seja, na seleção e montagem, na padronização, na classificação e codificação, no controle logístico, na documentação, e na organização fabril ?

1º) Seleção

2º) Montagem

3º) Padronização

4º) Classificação

5º) Codificação

6º) Controle (recebimento, identificação, registro, existência, localização na fábrica, disponibilidade, inventário e descarte).

7º) Documentação

8º) Organização fabril

9º) Racionalização.

- 7.b. O senhor(a) gostaria de fazer algum comentário final, algum complemento, crítica ou qualquer outra colocação ?

ANEXO B

MÉTODOS E EXEMPLOS DA PRÉ-SELEÇÃO DE TIPOS DE SFPs

A escolha preliminar do tipo de SSFP, entre Modulares, Dedicados e de Uso-Geral, é feita sobretudo com base em critérios econômicos da aplicação, ou seja, a referência para a pré-seleção é a análise econômica comparativa entre os tipos de SSFPs, tomando por base os custos de projeto, fabricação e montagem necessários para o pleno atendimento dos seus requisitos funcionais e operacionais.

Com a finalidade de orientar o processo de escolha do SSFP economicamente mais indicado, diversos métodos de cálculo com diferentes níveis de detalhamento foram desenvolvidos por pesquisadores e por entidades especializados (Fronober et alii, 1984; Carr Lane, 1991; Carr Lane, 1995; Boyes, 1986; Boyes, 1989; Hoffman et alii, 1991; Nee et alii, 1995 e Beard, 1991).

A seguir serão apresentados sumariamente, em forma de equações e tabelas aplicativas, três desses métodos com respectivos exemplos.

1) Pré-seleção do tipo de SSFP pelo método da complexidade do DFP (Fronober et alii, 1984)

Este método fundamenta-se no grau de complexidade do DFP e no seu relacionamento com a freqüência, a duração e a quantidade de *set-up* necessárias para fixar as peças.

O grau de complexidade do DFP é determinado segundo os seguintes critérios:

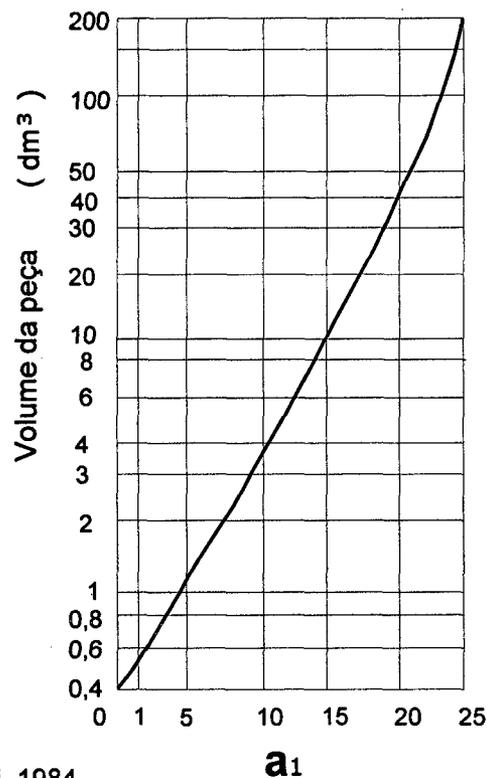
- volume da peça;
- forma, posição e estado da superfície de contato da peça;
- posicionamento da peça (restrição dos graus de liberdade);
- número de posições de trabalho ou de fixação da peça no DFP;
- fixação da peça;
- necessidades de orientação e apoio da ferramenta de corte;
- tolerâncias de usinagem da peça.

A cada critério está relacionado um diagrama empírico com os valores característicos correspondentes aos diferentes níveis de complexidade da tarefa associada com o DFP.

Assim, a determinação do grau de complexidade do DFP resulta do seguinte somatório:

$$K = \sum_{i=1}^7 a_i \quad (1)$$

onde a_i representa os valores característicos dos respectivos critérios, extraídos dos diagramas apresentados nas Figuras B.1 a B.4 e nas Tabelas I a IV apresentadas a seguir (Fronober et alii, 1984).



Fonte: Fronober et alii, 1984.

Figura B.1 - Valores característicos a_1 .

Os valores característicos a_1 consideram as despesas relativas ao volume da peça a ser fixada.

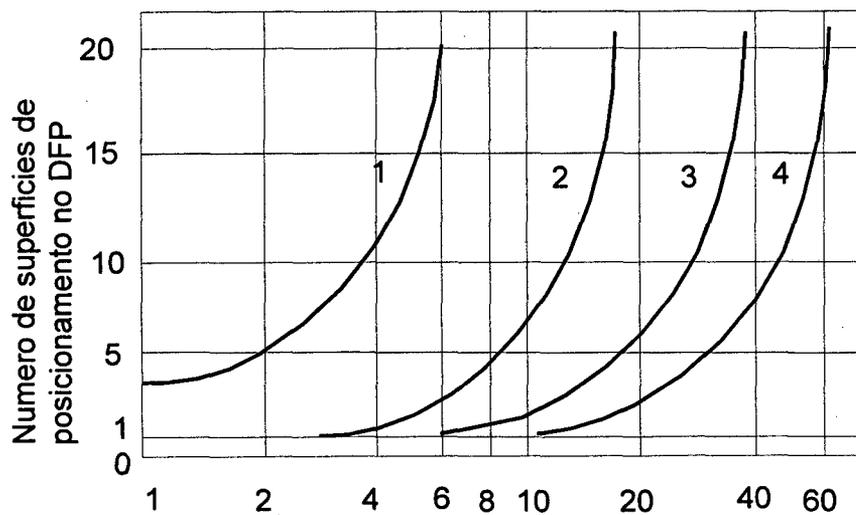
Tabela I - Valores característicos a_2

a_2	Posicionamento relativo das superfícies de contato da peça com a superfície da base do DFP		
	Paralela	Ângulo = 90°	Ângulo \neq 90°
0	I w	-	-
2	II w / I h	-	-
4	II h	I w	I w
6	III w	II w / I h	I h
8	III h	II h	II w
10	-	III w	II h
12	-	III h	III w
15	-	-	III h

Fonte: Fronober et alii, 1984.

Estes valores consideram as despesas relativas à forma, posição e estado das superfícies de posicionamento, fixação e apoio da peça, da seguinte maneira:

- I Superfícies de apoio não interrompidas ou com rebaixos
- II Superfícies com rebaixo ou superfícies de forma anelar
- III Pinos de posicionamento; superfícies graduada, prismáticas ou em relevo; complicada segurança em uso; apoios reguláveis.
- w Superfícies não endurecidas
- h Superfícies endurecidas



Fonte: Fronober et alii, 1984.

Figura B.2 - Valores característicos a_3

Esses valores consideram as despesas relativas ao tipo de posicionamento da peça para a contenção do 4º, 5º e 6º graus de liberdade, da seguinte maneira:

- 1 Posicionamento primitivo da peça (p.ex. : através de componentes normalizados, como pinos e parafusos).
- 2 Posicionamento simples (p.ex.: pinos de posicionamento, anéis de posicionamento, guias e componentes com rasgos).
- 3 Posicionamento de peças que necessitam de componentes complementares dispendiosos (p.ex.: componentes parafusados ou fundidos, e suportes), ou que devem ser ajustáveis.
- 4 Posicionamento com elevadas despesas; utilização de perfis especiais; dispositivos de centragem, etc.

Tabela II - Valores característicos a_4

a_4	Transladar	a_4	Girar
0	1 posição de trabalho ou de fixação	6	Peças com forma simétrica; até 60mm de diâmetro
8	2 posições de trabalho ou de fixação	12	Peças com forma simétrica; acima de 60mm de diâmetro
12	3 ou mais posições de trabalho ou de fixação	16	Peças assimétricas

Fonte: Fronober et alii, 1984.

Estes valores a_4 consideram as despesas decorrentes do número de posições de trabalho ou de fixação da peça durante a preparação do DFP

Tabela III - Valores característicos a_5

a_5	
0	Através de componentes normalizados, como parafusos, pinos, etc.
2	Através de componentes simples de fixação, como presilhas, grampos, fusos de fixação, contrapontos, prismas, etc.
4	Através de componentes de fixação dispendiosos, como placas de fixação, presilhas ou grampos complicados, fusos de fixação com buchas, etc.
5	Através de uma fixação muito dispendiosa, como fixação centrada em placas de três castanhas, pinças de fixação, fixação de peças de paredes finas, mecanismos ou sistemas de fixação rápida.

Fonte: Fronober et alii, 1984.

Os valores característicos a_5 consideram as despesas envolvidas na fixação da peça. Estes valores valem para cada elemento de fixação.

Tabela IV - Valores característicos a_6

a_6	
0	Sem orientação e apoio (guia) para a ferramenta de corte.
1	Para cada guia existente, como bucha de furação, etc., valor característico $a_6 = 1$. Posição de furação $\geq 2 \times$ Diâmetro de furação
4	Para cada guia existente, como bucha de furação, etc., distância entre furos menor que o Diâmetro de furação (é considerado o menor diâmetro).
6...8	Valor característico para cada elemento que pode ser girado, retirado ou deslocado para trás em relação às buchas-guia, ou que encontram-se presos nas guias. Definição do valor característico de acordo com o tamanho do elemento e o número de buchas-guia.

Fonte: Fronober et alii, 1984.

Esses valores consideram as despesas envolvidas na orientação e apoio da ferramenta de corte. Placas de fixação de elementos universais, segundo TGL 30-10206, não entram nesse grupo de valores característicos, devido ao fato desses estarem considerados no grupo de valores a_5 . Para buchas solidárias às placas de fixação, são utilizados os valores 1 a 4.

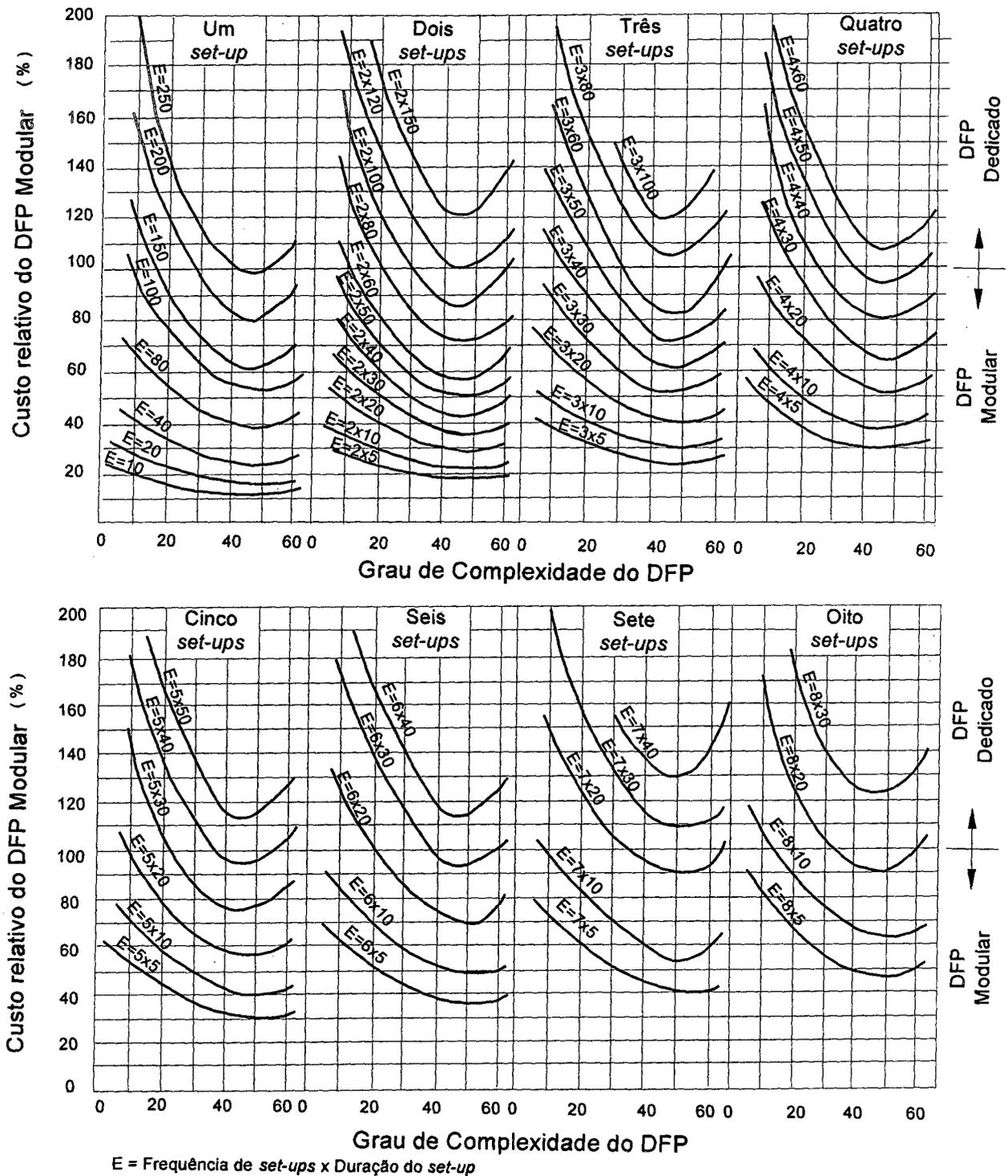
Tabela V - Valores característicos a_7

Faixa de dimensão nominal \pm Tolerância dimensional, em mm					a_7
≤ 6	6 ... 30	30 ... 100	100 ... 300	300 ... 1000	
0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	16
0,014	0,03	0,04	0,06	0,10	12
0,04	0,07	0,12	0,16	0,24	8
0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	4
0,2	0,4	0,6	1,0	1,6	2
0,4	1,0	1,6	2,4	4,0	0

Fonte: Fronober et alii, 1984.

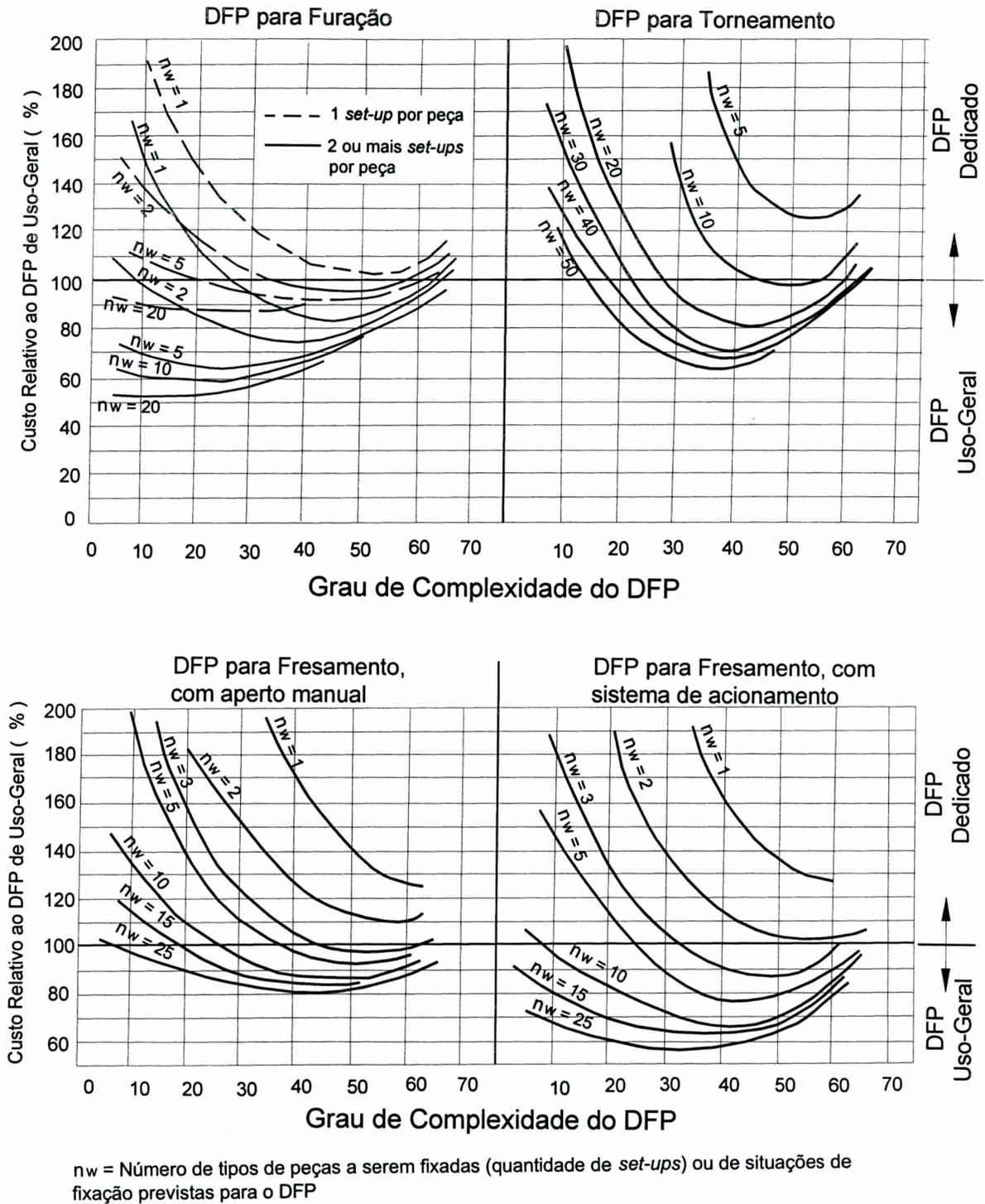
Esses valores consideram as despesas relativas à tolerância da peça influenciada pela fixação (p.ex.: distância entre furos, posicionamento da superfície de referência da peça). As tolerâncias relativas ao processo de usinagem (p.ex.: diâmetro de furos ou largura de ranhuras) são excluídas da determinação do valor característico. Para tolerâncias de ângulos, o desvio admissível no arco corresponde ao comprimento da aba (lado) menor da dimensão nominal a ser determinada e a ser lido na tabela de graus de complexidade. Como valores característicos arredondados, para um comprimento de aba (lado) de 100 mm, podem ser admitidos os seguintes: $10'' \cong 0,005\text{mm}$; $1' \cong 0,03\text{mm}$; $1^\circ \cong 1,75\text{mm}$.

As relações do grau de complexidade com a frequência e com a duração dos *setups* indicam a seleção econômica do tipo de SSFP, entre Modular e Dedicado, de acordo com os nomogramas da Figura B.3.



Fonte: Fronober et alii, 1984.

Figura B.3 – Nomogramas para comparação de custos entre DFPs Modulares e Dedicados.



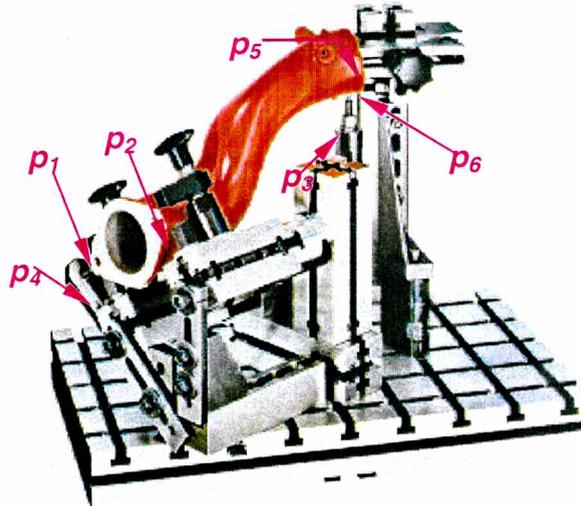
Fonte: Fronober et alii, 1984.

Figura B.4 – Nomogramas para comparação de custos entre DFPs Dedicados e de Uso-Geral.

Exemplo 1.1:

Dados para utilização dos diagramas de valores característicos::

- peça (Figura B.5);



Fonte: Erwin Halder, 1992.

Figura B.5 – Exemplo de fixação relativamente complexa.

- volume (aproximado) da peça: 3 dm^3 ;
- superfícies de contato em relevo; necessidade de apoios reguláveis; superfície não endurecida;
- necessidade de posicionamento da peça através de componentes parafusados, suportes e posicionadores ajustáveis; seis superfícies de posicionamento (indicadas por p_i na Figura B.5);
- duas posições de trabalho ou de fixação;
- fixação através de componentes simples, como grampos e presilhas;
- sem necessidade de orientação e apoio (guias) da ferramenta de corte no DFP;
- tolerância: Posicionamento da superfície de referência = $40 \pm 0,12\text{mm}$;
- frequência dos *set-ups* : **8** / ano;
- duração dos *set-ups* : **20** dias

Determinação dos valores característicos (Figuras B.1 e B.3, Tabelas I a V):

$$a_1 = 9 \quad a_2 = 12 \quad a_3 = 20 \quad a_4 = 8 \quad a_5 = 2 \quad a_6 = 0 \quad a_7 = 8$$

Cálculo do grau de complexidade do DFP:

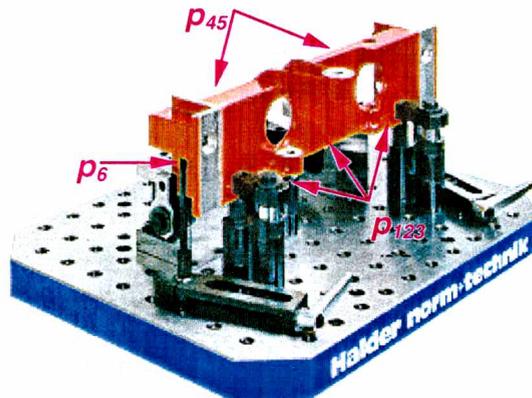
$$K = \sum_{i=1}^7 a_i = 59$$

Utilizando-se o nomograma da Figura B.3, constata-se que, para as condições acima, o DFP Modular é ligeiramente mais econômico ($\pm 2\%$) que o Dedicado. Porém, caso a frequência dos *set-ups* fosse reduzida à metade (4 *set-ups*) com a mesma duração (20 dias), o DFP Modular seria 50% mais econômico que DFP Dedicado. Por outro lado, mantendo-se a mesma frequência de *set-ups* (8 *set-up*) e aumentando a duração destes para trinta dias, o DFP Dedicado passaria a ser o mais econômico com 32% de ganho.

Exemplo 1.2:

Dados para utilização dos diagramas de valores característicos::

- peça (Figura B.6);



Fonte: Erwin Halder, 1992.

Figura B.6 – Exemplo de fixação relativamente simples.

- volume (aproximado) da peça: 4 dm³ ;
- superfícies de apoio não interrompidas; superfícies não endurecidas;
- posicionamento da peça simplesmente apoiado através de pinos e componentes com rasgos; três superfícies de posicionamento (indicadas pela localização dos seis pontos de posicionamento p_i na Figura B.6);

- uma posição de trabalho ou de fixação;
- fixação através de componentes simples, como grampos;
- sem necessidade de orientação e apoio (guias) da ferramenta de corte no DFP;
- tolerância: Distância entre furos horizontais = $35 \pm 0,04$ mm;
- frequência dos *set-ups* : **8** / ano;
- duração dos *set-ups* : **20** dias.

Determinação dos valores característicos (Figuras B.1 e B.3, Tabelas I a V):

$$a_1 = 11 \quad a_2 = 0 \quad a_3 = 7 \quad a_4 = 0 \quad a_5 = 2 \quad a_6 = 0 \quad a_7 = 12$$

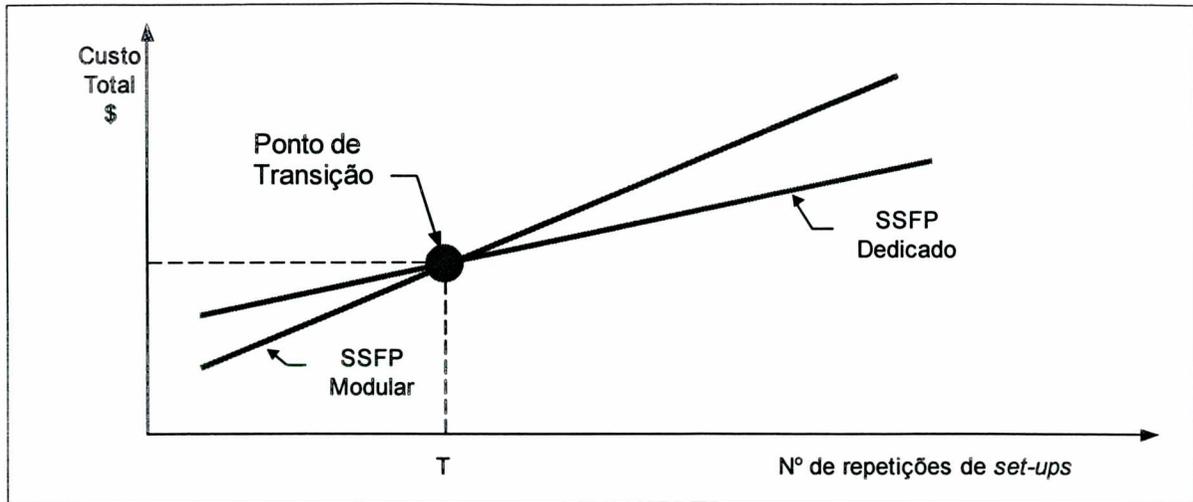
Cálculo do grau de complexidade do DFP:

$$K = \sum_{i=1}^7 a_i = 32$$

Pelo nomograma da Figura B.2 e para as condições acima, o DFP Dedicado é ligeiramente mais econômico ($\pm 1\%$) que o Modular. Esta situação tende a se inverter a medida que diminui a frequência de *set-ups* ou a duração dos mesmos. No entanto, se $K = 32$ como foi calculado, mas a quantidade de *set-ups* for maior do que oito, a recomendação passa a ser para o DFP de Uso-Geral, conforme indica o terceiro nomograma da Figura B.4.

2) Pré-seleção do tipo de SSFP pelo método do ponto de equilíbrio (Carr Lane, 1991)

Este método consiste na determinação do número de repetições do mesmo *set-up* que representa igual custo total tanto para a aplicação de DFP Modular quanto Dedicado. Este número é denominado ponto de equilíbrio ou ponto de transição de aplicação de SSFP Modular para Dedicado. Ou seja, para uma quantidade de repetições de *set-up* abaixo deste número é mais econômico utilizar SSFP Modular, caso contrário a indicação econômica recai sobre os SSFPs (ou DFPs) Dedicados. A Figura B.7 esquematiza o fundamento do método.



Fonte: Carr Lane, 1991.

Figura B.7 - Ponto de equilíbrio econômico entre SSFPs Modulares e Dedicados.

A determinação do ponto de equilíbrio ou de transição consiste na resolução da seguinte equação:

$$T = \frac{CID - CIM}{CUM - CUD} \quad (2)$$

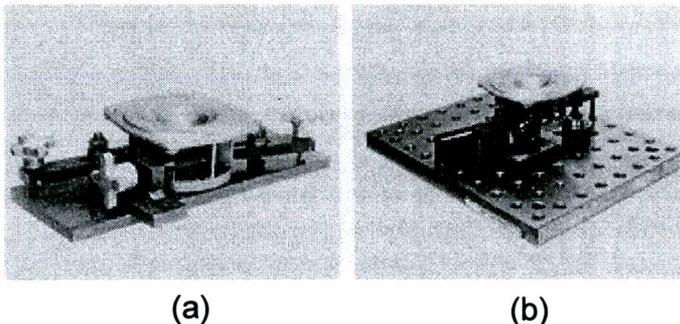
Onde:

- CID ⇒ Custo inicial do SSFP (ou DFP) Dedicado, envolvendo os gastos com:
 - Planejamento e projeto
 - Material
 - Fabricação e montagem
 - Teste e inspeção
 - Limpeza e armazenamento
- CIM ⇒ Custo inicial do SSFP Modular, considerando as despesas de:
 - Planejamento e projeto
 - Montagem
 - Amortização dos componentes
 - Teste e inspeção
 - Desmontagem e limpeza
- CUM ⇒ Custo de utilização do SSFP Modular, sendo considerados os gastos com:
 - Montagem
 - Teste e inspeção
 - Desmontagem, limpeza e armazenamento

- CUD⇒Custo de utilização do SSFP (ou DFP) Dedicado, considerando as despesas com:
 - Recuperação e teste
 - Desmontagem, limpeza e armazenamento

Exemplo 2.1:

- peça (Figura B.8);



Fonte: Carr Lane, 1995.

Figura B.8 – Opções de tipos de SSFP na fixação de uma peça.

(a) Dedicado (b) Modular

- dados de custo inicial do SSFP Dedicado (CID):
 - Planejamento e projeto (10 h a \$40 / h).....\$ 400,00
 - Material.....72,00
 - Fabricação e montagem (26 h a \$40 / h).....1040,00
 - Teste e inspeção (2 h a \$40 / h).....80,00
 - Limpeza e armazenamento (1 h a \$40 / h).....40,00
 - **Total (CID).....1632,00**

- dados de custo inicial do SSFP Modular (CIM):
 - Planejamento e projeto (2 h a \$40 / h).....\$ 80,00
 - Material.....00,00
 - Montagem (2 h a \$40 / h).....80,00
 - Amortização dos componentes(\$2100 / 100 aplicações).....21,00
 - Teste e inspeção (2 h a \$40 / h).....80,00
 - Desmontagem e limpeza (2 h a \$40 / h).....80,00
 - **Total (CIM).....341,00**

- dados de custo de utilização do SSFP Dedicado (CUD) e Modular (CUM):

	<u>CUD</u>	<u>CUM</u>
- Recuperação e teste.....	\$ 40,00.....	\$ 00,00
- Montagem.....	00,00.....	80,00
- Teste e inspeção.....	00,00.....	80,00
- Desmontagem, limpeza e armazenamento.....	40,00.....	80,00
• Total (CUD) e (CUM).....	80,00.....	240,00

- cálculo do ponto de equilíbrio:

$$T = \frac{CID - CIM}{CUM - CUD} = \frac{1632 - 341}{240 - 80} = 8 \text{ repetições de set-ups}$$

Ou seja, se, nas condições acima, a mesma tarefa (*set-up*) se repete até sete vezes, o SSFP Modular é economicamente mais indicado. Para a fabricação da mesma peça em mais de oito oportunidades, o SSFP Dedicado é a melhor solução econômica. No caso de oito repetições, os custos dos dois sistemas são iguais.

3) Pré-seleção do tipo de SSFP pelo método da comparação de custo por peça

(Carr Lane, 1995)

Este método consiste na determinação do menor custo unitário (custo por peça) que as diferentes opções de SSFP proporcionam, em função da produtividade, da preparação e do investimento inicial de cada tipo de SSFP. Com base nisso, a quantidade de peças a serem fixadas durante a vida útil do DFP e o tamanho dos lotes de peças passam a ser as variáveis determinantes da seleção econômica do tipo de SSFP, sendo que a primeira tem efeito predominante.

Assim, o cálculo do custo por peça (CPP) é realizado de acordo com a seguinte equação:

$$CPP = CPR + \frac{CSU}{LOT} + \frac{CIN}{QPV} \quad (3)$$

Onde:

CPR \Rightarrow Custo de produção por peça no chão-de-fábrica, incluindo mão-de-obra, energia, etc., exceto material, por ser o mesmo para os diferentes tipos de SSFPs analisados.

CSU \Rightarrow Custo de *set-up*, envolvendo o resgate do DFP, sua colocação na máquina e o retorno ao estoque.

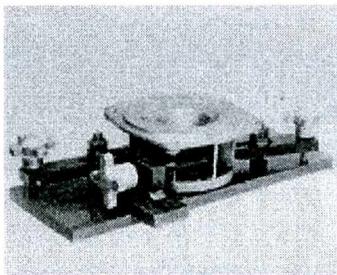
LOT \Rightarrow Tamanho do lote de peças, representado pelo valor médio da quantidade de peças a ser fixada em cada *set-up* do DFP.

CIN \Rightarrow Custo inicial do SSFP, que considera o custo total de mão-de-obra e material para projetar e fabricar um DFP (CID ou CIM, no exemplo anterior).

QPV \Rightarrow Quantidade de peças durante a vida útil do DFP, sendo adotado o menor valor entre o total de peças previsto para a produção e a quantidade de peças possível antes de sua inutilização por falha (desgaste ou quebra).

Exemplo 3.1:

- peça (Figura B.9);



Fonte: Carr Lane, 1995.

Figura B.9 – Exemplo de fixação de peça com SSFP Dedicado.

- dados:

Tabela VI - Valores das variáveis envolvidos na seleção do tipo de SSFP

Variáveis	Tipo de SSFP	Modular	Dedicado- Permanente	Dedicado- Permanente Hidráulico
CPR (\$/peça)		4,50	4,50	3,50
CSU (\$)		240,00	80,00	100,00
LOT (peças)		100	100	100
CIN (\$)		341,00	1632,00	3350,00

Fonte: Carr Lane, 1995.

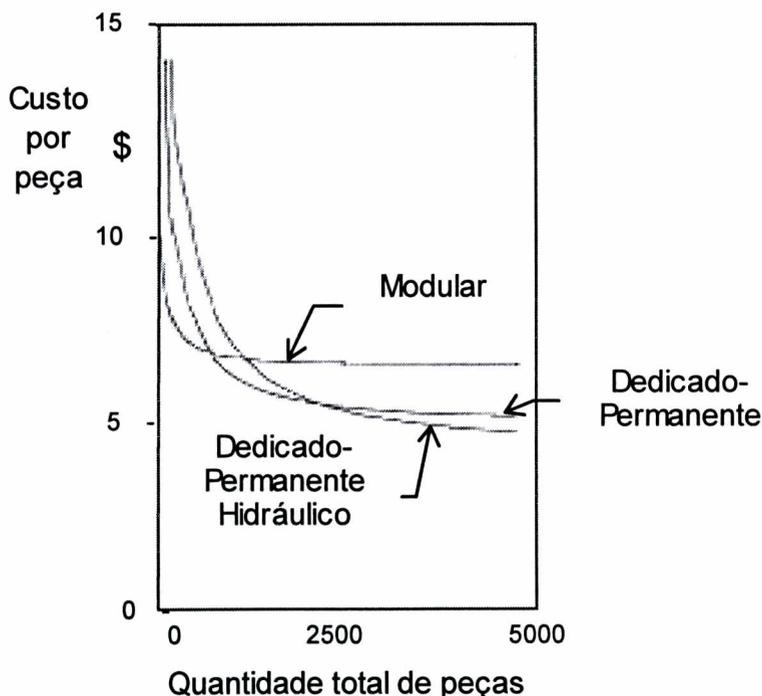
- determinação da melhor opção de SSFP para diferentes quantidades de peças a serem fixadas durante a vida útil do DFP:

Aplicando-se os dados da tabela acima na Equação 3 para diferentes valores de QPV, obtém-se os respectivos custos por peça (CPP) apresentados na Tabela VII e, cujo comportamento está mostrado na Figura B.10.

Tabela VII - Custos por peça usando diferentes SSFPs

QPV (peças)	Custo por peça - CPP (\$)		
	Modular	Dedicado-Permanente Manual	Dedicado-Permanente Hidráulico
100	10,31	21,62	38,00
500	7,58	8,56	11,20
1000	7,24	6,93	7,85
2500	7,04	5,95	5,84
5000	6,97	5,62	5,17

Fonte: Carr Lane, 1995.



Fonte: Carr Lane, 1995.

Figura B.10 - Comportamento do custo por peça usando diferentes SSFPs.

Portanto, nessas condições, o SSFP Modular é o tipo mais indicado para quantidades de peças até ligeiramente acima de 500 unidades, por exemplo em cinco ou seis lotes de cem peças cada. Já para o caso da produção de dez lotes de cem peças cada, o SSFP Dedicado-Permanente manual é a melhor indicação econômica. E acima de 2500 peças (25 lotes de 100 peças), o SSFP Dedicado-Permanente hidráulico passa a ser a solução mais econômica.