

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

**MODELO DE GESTÃO DE ESTOQUE DE FERRAMENTAS DE USINAGEM  
EM AMBIENTE DE GRANDE VOLUME DE PRODUÇÃO**

Dissertação submetida à

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

para a obtenção do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA

JACÓ BUSS

Florianópolis, novembro de 2006

JACÓ BUSS

**MODELO DE GESTÃO DE ESTOQUE DE FERRAMENTAS DE USINAGEM  
EM AMBIENTE DE GRANDE VOLUME DE PRODUÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Lourival Boehs, Dr.

Florianópolis  
2006

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

**MODELO DE GESTÃO DE ESTOQUE DE FERRAMENTAS DE USINAGEM  
EM AMBIENTE DE GRANDE VOLUME DE PRODUÇÃO**

JACÓ BUSS

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de  
MESTRE EM ENGENHARIA  
ESPECIALIDADE ENGENHARIA MECÂNICA  
sendo aprovada em sua forma final.

---

Prof. Lourival Boehs, Dr. Eng.  
Orientador

---

Prof. Fernando Cabral, Ph.D.  
Coordenador da Pós-graduação em Engenharia Mecânica

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Abelardo Alves de Queiroz, Ph.D.  
Presidente

---

Prof. João Carlos Espíndola Ferreira, Ph.D.

---

Prof. Marcelo Teixeira dos Santos, Dr. Eng.

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho aos meus dois sobrinhos,  
Vinícius e Cauan.*

## AGRADECIMENTOS

...gostaria de registrar meus agradecimentos a todos que contribuíram para a elaboração deste projeto...

Ao professor Lourival Boehs, Dr., que exerceu em sua plenitude a função de orientador, pela dedicação e interesse da conclusão deste trabalho.

Aos demais professores da UFSC, ao Departamento de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e ao Projeto Instituto Fábrica do Milênio – Fase II.

À Tupy Fundições Ltda e ao Sr. José Cláudio, Msc., pela oportunidade e confiança depositadas na realização do trabalho.

Aos colegas de trabalho, especialmente ao Carlos Eduardo Turino, Msc., por suas contribuições, apoio e amizade.

Aos meus amigos Paulo Roberto Meurer, Sidnei Pereira, Sidnei Palivoda e Raciél da Cruz, pelas inúmeras viagens até Florianópolis, pelas risadas e amizade.

Aos meus grandes amigos de Jaguaruna que nesse período proporcionaram fins de semana de descontração.

À minha namorada, pelo carinho, apoio e paciência nos momentos em que precisei estar ausente.

À minha família, em especial a meus pais, Nelson Buss e Ruth Schlickmann Buss, pelo carinho, e ter por ensinado o melhor caminho da vida...

A Deus, que torna tudo possível.

*“Fica sempre um pouco de perfume nas mãos  
que oferecem rosas, nas mãos que sabem ser  
generosas.*

*Dar do pouco que se tem ao que tem menos  
ainda enriquece o doador, faz sua alma ainda  
mais linda.*

*Dar ao próximo alegria parece coisa tão  
singela, aos olhos de Deus, porém, é das artes  
a mais bela.*

*Fica sempre um pouco de perfume nas mãos  
que oferecem rosas, nas mãos que sabem ser  
generosas.”*

*(Judith Junqueira Vilella)*

## RESUMO

O processo de evolução da indústria encontra-se atualmente na busca pela modernização dos meios de produção, aumento da tecnologia e produtividade. A visão competitiva em nível mundial faz com que as empresas procurem fabricar seus produtos com baixos custos e altíssima qualidade. Nas empresas de usinagem, este diferencial pode apresentar-se na forma de um gerenciamento eficaz das ferramentas de corte, uma vez que boa parcela dos custos de produção dos itens usinados é causada por ferramentas. A disponibilidade destas ferramentas e os seus elevados custos tornam-se importantes fatores no desempenho dos setores produtivos e, conseqüentemente, na competitividade em nível global das empresas. O presente trabalho possui como objetivo principal propor um modelo para a gestão de estoque de ferramentas de usinagem perecíveis que atenda a empresa de usinagem de ferro fundido foco do trabalho, cujas características críticas são: alto volume de produção; grande variedade de peças e demanda variável. O modelo proposto é avaliado quanto a possibilidade de uso em outras empresas com características semelhantes à empresa foco do estudo, características estas, presentes principalmente em empresas fornecedoras de auto-peças. O modelo proposto apresenta-se na forma de um conjunto de procedimentos com objetivos convergentes ao dimensionamento do estoque. Uma pesquisa de campo contribuiu expressivamente para o desenvolvimento e proposição do modelo. Existe a convicção de que os resultados deste trabalho são importantes para auxiliar na solução dos problemas com excesso ou falta de ferramentas nos estoques das empresas, colaborando assim com o desenvolvimento e competitividade das empresas de usinagem.

Palavras-chave: gerenciamento de ferramentas, gestão de estoque, dimensionamento, classificação ABC, cálculo de capacidade.

**BUSS, Jacó. Modelo de gestão de estoque de ferramentas de usinagem em ambiente de grande volume de produção.** 2006. 139f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

### **ABSTRACT**

Industries are currently in search of productivity growth and technological change. In a world without inefficiency, productivity growth, as measured by productivity indices (an index of output divided by an index of total input usage), is synonymous with technical progress. In machining industries, this efficiency can be measured by an appropriate tool management, since a great deal of its costs is due to tools. Therefore their disposition is an important issue to be researched. This work aims to propose a model for the management of the cutting tool inventory for cast iron machining industries, which is the focus of this study, whose critical characteristics are: high production volumes, a wide range of parts, and a varied demand of parts. The model proposed is evaluated to having other companies with similar characteristics of the company studied, which are encountered mainly in car part suppliers, use the model, which is propose a broader perspective in tool management in which a field research has contributed largely in its development. Therefore we are sure that the solution to the problem will help other companies solve their inventory problems making them more competitive and developed machining companies.

**Keywords:** tool management, inventory management and inventory measurement, ABC classification, calculated capacity.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Estoque de ferramentas .....	24
Figura 2.2 – Tempo perdido pela falta de ferramentas.....	24
Figura 2.3 – Abrangência de atuação do gerenciamento de ferramentas .....	27
Figura 2.4 - Funções do sistema de gerenciamento de ferramentas .....	28
Figura 2.5 – Modelo de referência de manufatura.....	29
Figura 2.6 – Modelo de referência de gerenciamento de ferramentas.....	30
Figura 2.7 – Análise de capacidade de máquina .....	32
Figura 2.8 – Custo total .....	37
Figura 2.9 – Gráfico característico do sistema LEC.....	41
Figura 2.10 – Intervalo de máxima eficiência .....	49
Figura 5.1 – Fluxograma para a gestão técnica de estoque de ferramentas.....	84
Figura 5.2 – Fluxograma para a gestão administrativa de estoque de ferramentas .....	85
Figura 5.3 – LEC para ferramentas de corte.....	104
Figura 5.4 – Estante para armazenamento de ferramentas ao lado da máquina.....	108
Figura 5.5 – Identificação de ferramenta nova através da etiqueta de <i>preset</i> .....	109
Figura 5.6 – Carrinho para transporte de ferramentas .....	109
Figura 6.1 – Custo com máquina parada para Simulação 1 .....	117
Figura 6.2 – Custo com estoque de ferramentas para Simulação 1 .....	117
Figura 6.3 – Custo com máquina parada para Simulação 2 .....	118
Figura 6.4 – Custo com estoque de ferramentas para Simulação 2.....	118
Figura 6.5 – Custo com máquina parada para Simulação 3 .....	119
Figura 6.6 – Custo com estoque de ferramentas para Simulação 3.....	119
Figura 6.7 – Custo com máquina parada para Simulação 4 .....	120
Figura 6.8 – Custo com estoque de ferramentas para Simulação 4.....	120
Figura 6.9 – Custo com máquina parada para Simulação 5 .....	121
Figura 6.10 – Custo com estoque de ferramentas para Simulação 5.....	121

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Produção mundial de veículos .....	19
Tabela 2.1 – Relatório de capacidade de máquina .....	32
Tabela 2.2 – Comparação <i>Kit x Pool x Stores</i> .....	52
Tabela 5.1 – Lista de atributos e valores para análise das empresas .....	89
Tabela 5.2 – Índices para os dados qualitativos .....	95
Tabela 5.3 – Índices para os dados quantitativos .....	96
Tabela 5.4 – Fator de importância para ferramentas de corte .....	96
Tabela 5.5 – Classificação ABC de ferramentas de corte .....	97
Tabela 5.6 – Banco de dados: cruzamento dos dados de capacidade × classificação ABC.....	99
Tabela 6.1 – Dados de demanda para simulação.....	114
Tabela 6.2 – Dados de vida útil de ferramentas para simulação .....	114
Tabela 6.3 – Quantidade de ferramentas adquiridas segundo cada modelo.....	115
Tabela 6.4 – Comparação quantidade de ferramentas adquiridas x necessidade real .....	115
Tabela 6.5 – Custo de execução do MRP e Médias Históricas .....	116
Tabela 6.6 – Custo de execução do sistema LEC.....	116
Tabela 6.7 – Resultados das cinco simulações .....	123

## LISTA DE ABREVIATURAS

APC	Aresta postiça de corte
$C_2$	Custo de mão-de-obra + custo de máquina em R\$/hora
$C_3$	Custo da ferramenta
C	Consumo normal de um item
CA	Consumo do item no período de tempo
CC	Custo unitário do pedido de compra
CPA	Custo do material armazenado
CU	Custo unitário do material comprado
DP	Demanda de produtos solicitados pelo cliente
Emáx	Estoque máximo
Emín	Estoque mínimo
FIFO	<i>First In First Out</i>
IM	Índice de manutenção
IME	Intervalo de máxima eficiência
$I_R$	Índice de refugo
K	Parâmetro variável em função dos materiais da peça e ferramenta
K	Fator de risco para determinação do estoque de segurança
LC	Lote de compra
LE	Lista de equipamentos para análise de capacidade
LEC	Lote Econômico de Compra
MRP	Planejamento das Necessidades de Materiais
PH	Produção horária de peças
PP	Ponto de pedido
$P_{PGR}$	Paradas programadas de produção
$T_{ft}$	Tempo de troca de ferramenta
$T_{m\text{xp}}$	Tempo de máxima produção
TR	Tempo de reposição ( <i>lead time</i> de entrega de novos itens)
$T_{TD}$	Tempo total disponível
$V_c$	Velocidade de corte
$V_{c\text{m\text{xp}}}$	Velocidade de corte de máxima produção
$V_{c_o}$	Velocidade de corte com mínimo custo
$V_{\text{útil}}$	Vida útil da ferramenta de usinagem

- $x$  Parâmetro variável em função do material da peça e do material da ferramenta
- $x$  Tempo para elaborar e confirmar o pedido ao fornecedor
- $y$  Tempo que o fornecedor necessita para entregar o pedido
- $z$  Tempo para processar a liberação do pedido dentro da fábrica

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>1 CONTEXTUALIZAÇÃO, RELEVÂNCIA, OBJETIVOS E ESTRUTURA DO TRABALHO .....</b>	<b>18</b>
<b>1.1 Contextualização.....</b>	<b>18</b>
<b>1.2 Relevância da pesquisa.....</b>	<b>18</b>
<b>1.3 Objetivos do trabalho.....</b>	<b>21</b>
1.3.1 Objetivo geral .....	21
1.3.2 Objetivos específicos .....	21
<b>1.4 Estrutura do trabalho .....</b>	<b>21</b>
<b>2 CONSTRUÇÃO DO REFERENCIAL PARA ELABORAÇÃO DO TRABALHO..</b>	<b>23</b>
<b>2.1 Gerenciamento de Ferramentas .....</b>	<b>23</b>
2.1.1 Por que considerar o gerenciamento de ferramentas .....	23
2.1.2 Os benefícios do gerenciamento de ferramentas .....	25
2.1.3 Modelo teórico de gerenciamento de ferramentas.....	27
2.1.4 Considerações .....	30
<b>2.2 Análise de capacidade .....</b>	<b>31</b>
<b>2.3 Gestão de estoque .....</b>	<b>33</b>
2.3.1 Funções e objetivos do planejamento e controle do estoque.....	35
2.3.2 Custo dos estoques .....	36
<b>2.4 Definição do modelo de gestão de estoque para ferramentas de usinagem.....</b>	<b>38</b>
<b>2.5 Lote Econômico de Compra (LEC) .....</b>	<b>40</b>
2.5.1 Vida útil da ferramenta de usinagem.....	44
<b>2.6 Abordagens para a gestão de estoque de ferramentas .....</b>	<b>49</b>
<b>2.7 Classificação ABC de ferramentas de corte.....</b>	<b>52</b>
<b>2.8 Considerações .....</b>	<b>54</b>
<b>2.9 Fundamentação teórica para a realização da pesquisa de campo qualitativa.....</b>	<b>55</b>
2.9.1 Definições.....	55
2.9.2 Considerações relevantes sobre a metodologia de pesquisa qualitativa.....	55
2.9.3 Tipos de pesquisa .....	56
2.9.4 Amostragem .....	57

2.9.5	Entrada no campo de pesquisa.....	59
2.9.6	Coleta de dados.....	59
2.9.7	Validade e confiabilidade .....	62
2.9.8	Análise dos dados .....	63
2.9.9	Classificação dos dados .....	64
2.9.10	Codificação dos dados .....	65
2.9.11	Tabulação dos dados.....	65
2.9.12	Análise de conteúdo.....	65
2.9.13	Apresentação dos resultados.....	66
2.9.14	Breve parecer sobre a revisão dos fundamentos da pesquisa qualitativa .....	66
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>68</b>
<b>3.1</b>	<b>Metodologia para a realização da pesquisa de campo qualitativa.....</b>	<b>68</b>
3.1.1	Seleção do método de pesquisa .....	68
3.1.2	Método de amostragem .....	68
3.1.3	Acesso ao campo de pesquisa.....	68
3.1.4	Procedimentos para a coleta dos dados .....	69
3.1.5	Procedimento para as entrevistas.....	69
3.1.6	Validade e confiabilidade da pesquisa.....	70
3.1.7	Procedimentos na análise dos dados.....	70
<b>3.2</b>	<b>Metodologia para a proposição do modelo de gestão de estoque de ferramentas de usinagem.....</b>	<b>71</b>
<b>4</b>	<b>APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA PESQUISA DE CAMPO QUALITATIVA .....</b>	<b>73</b>
<b>4.1</b>	<b>Caracterização da empresa e dos informantes .....</b>	<b>73</b>
<b>4.2</b>	<b>Capacidade de produção.....</b>	<b>74</b>
<b>4.3</b>	<b>Curva ABC de ferramentas de corte .....</b>	<b>74</b>
<b>4.4</b>	<b>Vida da ferramenta de usinagem e sua disponibilidade para a produção .....</b>	<b>76</b>
<b>4.5</b>	<b>Estoque de ferramentas de corte.....</b>	<b>78</b>
<b>4.6</b>	<b>Generalidades .....</b>	<b>79</b>
<b>4.7</b>	<b>Considerações finais .....</b>	<b>80</b>
<b>5</b>	<b>PROPOSIÇÃO DO MODELO DE GESTÃO DE ESTOQUE DE FERRAMENTAS DE USINAGEM.....</b>	<b>82</b>

<b>5.1</b>	<b>Preâmbulo .....</b>	<b>82</b>
<b>5.2</b>	<b>Descrição do modelo .....</b>	<b>83</b>
5.2.1	Etapa 0 – Pré-requisitos de administração e organização no chão-de-fábrica .....	86
5.2.2	Etapa 1 – Caracterização da empresa .....	88
5.2.3	Etapa 2 – Cálculo de capacidade .....	90
5.2.4	Etapa 3 – Classificação ABC de ferramentas de corte .....	94
5.2.5	Etapa 4 – Geração de um banco de dados através do cruzamento dos dados de Capacidade x Classificação ABC .....	98
5.2.6	Etapa 5 – Adequação de capacidade.....	100
5.2.7	Etapa 6 – Dimensionamento do estoque de ferramentas.....	103
5.2.8	Sumário sobre a gestão do estoque de ferramentas .....	110
<b>6</b>	<b>AVALIAÇÃO DO MODELO PROPOSTO .....</b>	<b>112</b>
<b>6.1</b>	<b>Apresentação dos resultados .....</b>	<b>112</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>125</b>
<b>7.1</b>	<b>Conclusões .....</b>	<b>125</b>
<b>7.2</b>	<b>Recomendações para trabalhos futuros .....</b>	<b>128</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>129</b>
	<b>REFERÊNCIAS AUXILIARES .....</b>	<b>134</b>
	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>136</b>
	<b>APÊNDICE A – PLANO DE PERGUNTAS .....</b>	<b>137</b>

## INTRODUÇÃO

O processo de evolução da indústria encontra-se atualmente na busca pela modernização dos meios de produção, aumento da tecnologia e produtividade. A visão competitiva em nível mundial faz com que as empresas procurem fabricar seus produtos com baixos custos e altíssima qualidade.

Este novo ambiente exige das organizações agilidade e flexibilidade no atendimento da demanda, foco nos clientes, nos ciclos de vida dos produtos cada vez menores. Estes aspectos levam as empresas a uma nova realidade, e delas espera-se o constante desenvolvimento de tecnologias e o desafio pela redução contínua dos custos.

As empresas esperam sempre obter melhores previsões, melhores sistemas de planejamento, maior flexibilidade quanto às solicitações inesperadas dos clientes, menores níveis de estoque, melhores respostas aos pedidos dos clientes e menor tempo de entrega, maior capacidade de utilização de máquinas, entre outros. Sob este enfoque, os sistemas de gestão de materiais sempre foram um ponto importante na competitividade, e conseqüente área de aperfeiçoamento nas indústrias (PEINADO, 2000).

As empresas que já se deram conta destas mudanças buscam extrair dos equipamentos o máximo de produtividade, uma vez que os custos associados à depreciação podem ter alta influência no custo das peças.

Nas empresas de usinagem, este diferencial pode apresentar-se na forma de um gerenciamento eficaz de ferramentas de corte, pois uma parcela significativa dos custos de produção dos itens usinados está relacionada às ferramentas de usinagem.

Esta parcela, no entanto, depende de vários fatores, sendo estes de ordem técnica, tecnológica e gerencial. Quanto a este fato, cabe às empresas o uso dos conceitos de gerenciamento de ferramentas, e nesse contexto os conceitos de gestão de estoque, de modo a utilizar técnicas adequadas a fim de disponibilizar as ferramentas de usinagem no momento exato, local desejado e quantidade necessária.

A disponibilidade destas ferramentas e os seus elevados custos tornam-se fatores importantes no desempenho dos setores produtivos e, conseqüentemente, na competitividade em nível global das empresas (PLUTE, 1998).

Tendo em vista este cenário, o presente trabalho propõe uma metodologia para a gestão de estoque de ferramentas de usinagem perecíveis, destacando-se dentre estas: pastilhas (ou insertos), brocas, machos, alargadores, fresas e escareadores, utilizando, para

isso, os conceitos de gerenciamento de ferramentas e gestão de estoques, contribuindo para melhorar os índices de produtividade com ferramentas de corte nas empresas de usinagem.

# **1 CONTEXTUALIZAÇÃO, RELEVÂNCIA, OBJETIVOS E ESTRUTURA DO TRABALHO**

## **1.1 Contextualização**

O trabalho é baseado no estudo dos problemas de uma empresa em particular, denominada empresa laboratório, que possuía inicialmente a produção somente de peças fundidas, sendo a grande maioria destinada ao setor de auto-peças, fornecendo blocos e cabeçotes de motores, suportes e discos de freio, girabrequins, carcaças de direção, entre outros. Iniciou em meados da década de 90 a usinagem de algumas destas peças, e num processo de evolução contínuo está se tornando uma das maiores empresas de usinagem do país. Contudo, o rápido crescimento sem a devida atenção destinada às ferramentas de corte tem ocasionado problemas considerados graves no que se refere ao seu dimensionamento, fazendo com que este chegasse em níveis considerados muito elevados, e que resulta em investimentos de grande valor por parte da empresa. Este fato deve-se à falta de uma forma mais adequada e eficiente para o gerenciamento do estoque de ferramentas frente às necessidades e características apresentadas pela empresa.

Desta maneira, manifesta-se a necessidade da solução para o problema apontado, ou seja, encontrar um modo para uma eficiente gestão de estoque de ferramentas perecíveis para a empresa de usinagem de ferro fundido em foco, que se caracteriza por uma elevada gama de itens, alta demanda e demanda variável, especialmente como fornecedora para empresas de auto-peças.

Para simplificar, sempre que o texto referir-se a ferramenta de corte ou ferramenta de usinagem, estará referindo-se as ferramentas perecíveis, visto que não são abordados os problemas com ferramentas não-perecíveis (cones, suportes, barras, cabeçotes de fresa).

Ainda que de forma preliminar, pretende-se fazer uma análise para averiguar a possibilidade de utilizar também em outras empresas a solução que será proposta neste trabalho.

## **1.2 Relevância da pesquisa**

A indústria automotiva encontra-se dentro do contexto exibido anteriormente. Os altos níveis de competitividade, o alto grau de desenvolvimento tecnológico e a complexidade de seus produtos e processos, geram a necessidade de baixos custos e flexibilidade.

Este tema possui grande relevância no cenário nacional, visto que, de acordo com a Sindipeças (2005), a produção de automóveis no Brasil, em 2004, atingiu 2,2 milhões de unidades, colocando o país em destaque no ranking mundial em número de unidades produzidas. Conforme a Tabela 1.1, o Brasil ocupa a 9ª posição entre os países fabricantes de automóveis.

Há ainda outros fatores relacionados ao setor de auto-peças. Os dados referentes a 2004 apontam que as 468 empresas filiadas a Sindipeças empregavam em torno de 187 mil funcionários. O faturamento total do setor corresponde a cerca de 2,7% do PIB nacional, com valor aproximado de US\$ 16 bilhões (SINDIPEÇAS, 2005), reforçando ainda mais a importância do setor para a economia nacional e de trabalhos direcionados a este segmento de mercado.

Para complementar estes dados, Castro R. (2005) reforça:

[...] a situação de intensa pressão por redução de preços e prazos de entrega, somada à complexidade que o alto *mix* de produtos proporciona, fazem com que o planejamento da produção e estoques seja um fator de extrema importância para a competitividade das empresas deste segmento.

Tabela 1.1 – Produção mundial de veículos

Fonte: Sindipeças, 2005 - adaptado

Ordem	País	Produção em 2004 (milhões de unidades/ano)
1	Estados Unidos	11.989
2	Japão	10.512
3	Alemanha	5.570
4	China	5.071
5	França	3.666
6	Coréia do Sul	3.469
7	Espanha	3.011
8	Canadá	2.711
9	Brasil	2.211
10	Reino Unido	1.856
11	México	1.565
12	Índia	1.511

Parcela significativa do custo neste segmento é representada pelos processos de usinagem de peças e componentes, e grande parte dos custos desta usinagem são representados pelos custos com ferramentas de corte (FAVARETTO, 2005). Somente o custo referente à ferramenta de corte pode representar até 30% dos custos totais de usinagem (Mumm, 2001).

Assim, as ferramentas de usinagem representam parte substancial no desembolso das empresas, e o controle desta despesa pode significar grande economia não somente na aquisição, mas também no gerenciamento dos estoques, já que 30 a 60% das ferramentas em estoque não estão sob controle (PLUTE, 1998; KOHLBERG, 2000).

Com base nos dados apresentados, torna-se necessário um estudo para a redução do inventário de ferramentas, porém, a redução a níveis muito baixos sem um correto dimensionamento pode causar paradas de produção, reduzir a produtividade, aumentar custos e criar problemas de entrega para os clientes.

Para conciliar estes dois fatores conflitantes, ou seja, disponibilizar capital de giro e evitar paradas de linha, é necessário administrar corretamente o estoque de ferramentas para que não provoque paradas de produção por falta de ferramentas e para que não haja um excesso de inventário a ponto de comprometer o capital de giro, reduzindo a sua disponibilidade para investimentos em novos negócios (TURINO, 2002).

Por outro lado, nem todos os sistemas de gestão de estoque adaptam-se à necessidade de empresas com alta demanda e grande variedade de peças, como, por exemplo, as empresas fornecedoras de auto-peças.

Não por acaso, a produção desta elevada gama de itens em larga escala exige o uso de muitas ferramentas, em igual proporção tanto no volume quanto na variedade. Além da variação de demanda, há constante variação no consumo de ferramentas de corte, devido à variação da vida útil da ferramenta durante a usinagem das peças.

Apresentados os aspectos relevantes deste trabalho, pretende-se atuar no desenvolvimento de uma metodologia para a gestão de estoque de ferramentas, utilizando, para isto, os meios e técnicas do gerenciamento de ferramentas e conceitos de gestão de estoques, de forma que possa dar suporte à empresa de usinagem em foco, que possui uma alta demanda e grande variedade de itens em produção, além da característica marcante de freqüentes alterações de demanda programada, bem como atender a constante variação de consumo de ferramentas em função da variação da vida útil destas ferramentas.

### **1.3 Objetivos do trabalho**

#### **1.3.1 Objetivo geral**

Propor um modelo para a gestão de estoque de ferramentas de usinagem perecíveis focado nos conceitos do gerenciamento de ferramentas e na gestão de estoques, que atenda a empresa de usinagem de peças de ferro fundido em foco, cujas características são: alta demanda e grande variedade de itens, variações da demanda de peças e a variação no consumo de ferramentas.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

A fim de atingir o objetivo geral, são traçados os seguintes objetivos específicos:

- Realização de uma pesquisa de campo para o conhecimento das práticas e dos problemas relacionados ao gerenciamento de ferramentas e gestão de estoque encontrados no chão de fábrica da empresa em estudo;
- Elaborar um método para a análise de capacidade das máquinas em produção;
- Utilizar um método para a classificação ABC para ferramentas de usinagem;
- Analisar os dados de capacidade de máquina e apresentar uma proposta para atuação sobre estes resultados através da adequação de dados de corte;
- Propor um modelo para o dimensionamento de estoque de ferramentas de usinagem que atenda as características da empresa em pauta e avaliar se o referido modelo pode ser aplicado com sucesso em outras empresas com características semelhantes.

### **1.4 Estrutura do trabalho**

O trabalho está dividido em sete capítulos, conforme descrito abaixo:

Capítulo 1 – apresenta a contextualização e relevância do trabalho, os objetivos geral e específicos e a estrutura do trabalho.

Capítulo 2 – aborda a construção do referencial para a elaboração do trabalho, iniciando pelo Gerenciamento de Ferramentas de forma integral, seguido pela descrição da Análise de Capacidade e modelos de Gestão de Estoque, finalizando com a apresentação de técnicas para a definição da vida útil de ferramentas de corte e formas para a classificação ABC de ferramentas, além do referencial para a pesquisa de campo qualitativa.

Capítulo 3 – este capítulo destaca a metodologia utilizada para a elaboração da pesquisa de campo e a metodologia para a elaboração desta dissertação.

Capítulo 4 – neste capítulo são exibidos e discutidos os resultados da pesquisa de campo qualitativa.

Capítulo 5 – apresenta a proposta para a gestão de estoque de ferramentas para a resolução da problemática da pesquisa levantada.

Capítulo 6 – apresentação da avaliação do modelo através de simulação em planilhas de cálculo.

Capítulo 7 – apresentação da conclusão obtida com o desenvolvimento do trabalho, bem como sugestões para trabalhos futuros.

## 2 CONSTRUÇÃO DO REFERENCIAL PARA ELABORAÇÃO DO TRABALHO

### 2.1 Gerenciamento de Ferramentas

No início da década de 80, o gerenciamento de ferramentas era definido apenas como projeto de ferramentas, controle de uso e controle de inventário (PLUTE, 1998).

Até décadas recentes, as máquinas eram equipadas com um conjunto de ferramentas de corte ao lado. O operador era responsável pela manutenção e utilização dessas ferramentas. Com o desenvolvimento das máquinas CNC, intensificou-se também o desenvolvimento das ferramentas de corte, que se caracterizou por uma grande diversidade de formas, materiais e configurações modulares, que proporcionaram a flexibilidade de uso de componentes individuais das ferramentas. Nesse contexto, o gerenciamento de ferramentas aparece como uma necessidade incontestável e com uma filosofia com abordagem disciplinada, que administra informações para a tomada de decisões (BOEHS, 2002).

O objetivo final é fornecer ferramentas na quantidade necessária, no momento necessário, no local desejado e na qualidade requisitada (BOEHS, 2002).

#### 2.1.1 Por que considerar o gerenciamento de ferramentas

Há muitas razões para justificar o gerenciamento de ferramentas, mas nenhuma delas é tão importante quanto a redução dos custos de produção. O impacto na redução de custos através do gerenciamento é um quesito que poucas vezes é reconhecido, sendo que este ponto é o caminho principal da filosofia do gerenciamento de ferramentas (PLUTE, 1998).

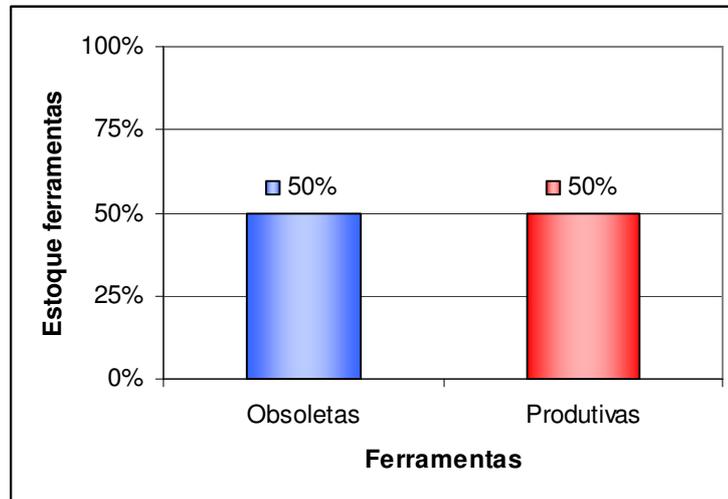
A importância deste fato é condizente com os estudos mostrados por Marczinski (2002). O autor apresenta que, do orçamento total de uma fábrica, em torno de 23% é destinado a ferramentas de usinagem.

Dentro dessa filosofia, a redução dos custos de produção mediante o gerenciamento se dá principalmente com a redução do estoque de ferramentas, uma vez que grande parte das ferramentas em estoque encontram-se perdidas ou obsoletas.

A importância de realizar um controle das ferramentas fica evidente se forem analisadas as estatísticas que seguem.

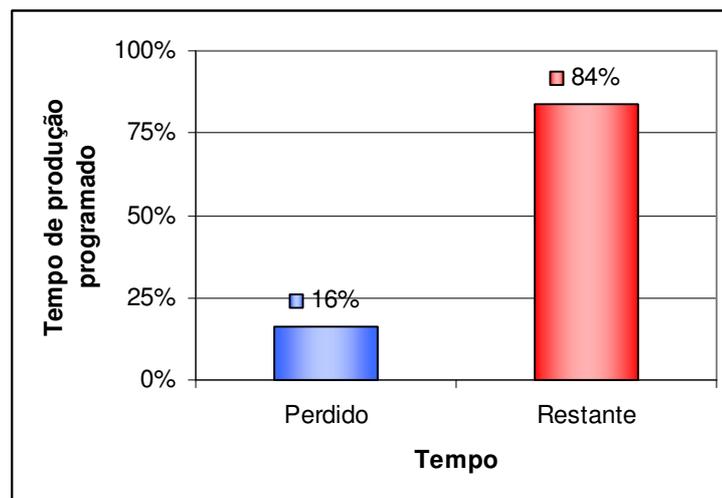
Metade do estoque de ferramentas é considerada obsoleta (Figura 2.1). Além disso, de 30% a 60% do estoque de ferramentas são desconhecidos por encontrarem-se fora do local de guarda correto ou por estarem espalhados aleatoriamente pela fábrica (PLUTE, 1998; KOHLBERG, 2000).

Devido ao descaso com ferramentas, 16% da produção programada não é realizada (Figura 2.2) porque estas não estão disponíveis para a produção (SHEWCHUK & ANUMOLU, 2000).



Fonte: PLUTE, 1998; KOHLBERG, 2000

Figura 2.1 – Estoque de ferramentas



Fonte: SHEWCHUK & ANUMOLU, 2000

Figura 2.2 – Tempo perdido pela falta de ferramentas

Um outro fato muito importante com relação à relevância do gerenciamento é a parcela do custo de ferramentas sobre o custo final de um item. Segundo Mumm (2001) e Eversheim (1991), somente o custo com ferramentas pode atingir 30% do custo final de um item. Castro P. (2005), referenciado em alguns autores, cita os fatores que freqüentemente contribuem para a ocorrência deste elevado percentual, destacando-se:

- Super ou subdimensionamento do estoque. Este item refere-se tanto à quantidade de ferramentas como à alta variedade das mesmas encontrada nos estoques;
- Obsolescência do estoque podendo chegar a 50% do total de ferramentas disponíveis;
- Falta de programação para a geração de ordens de compra para ferramentas. A falta desta programação pode gerar uma necessidade de compras emergenciais e/ou incorretas.

Castro P. (2005) afirma que a solução para problemas como estes, as diretrizes do gerenciamento de ferramentas e seus recursos são uma excelente opção.

### 2.1.2 Os benefícios do gerenciamento de ferramentas

De acordo com Boehs (Sebrae, 2003, p.234):

[...] o custo do descontrole destes recursos vai além do valor. A não exploração do potencial de cada ferramenta, o estoque despadronizado, o tempo perdido na formulação de montagens e a não documentação adequada dos processos de fabricação de cada ferramenta são custos não transparentes e indevidamente combatidos.

Entretanto, a utilização da ferramenta em todo seu potencial é algo difícil de obter, visto que as ferramentas possuem diversas peculiaridades que devem ser compreendidas para o seu melhor aproveitamento. Melnyk & Lyman (1993) apontam três peculiaridades que transformam as ferramentas num recurso único e difícil de gerenciar:

- As ferramentas permitem adequar a capacidade de uma máquina para atender as necessidades específicas de produção em função da ferramenta escolhida. Por exemplo, uma furadeira possui capacidade de executar uma grande variedade de furos, porém, uma vez escolhida a broca específica para tal operação, a capacidade da máquina estará limitada ao diâmetro da broca e material específico da mesma;
- Antes da execução de qualquer ordem de serviço, é necessário que se tenha atendida a capacidade de ferramental. Para que uma ordem de produção seja atendida, quatro recursos devem estar disponíveis: materiais, mão-de-obra, capacidade de máquina e ferramentas de corte. Cada um desses recursos deve ser disponibilizado no tempo necessário. A falta de um destes elementos irá influenciar no tempo e custo de produção da ordem correspondente;
- Como todo material, as ferramentas não podem estar disponíveis em mais de um lugar ao mesmo tempo. A execução de uma ordem depende não somente da disponibilidade dos componentes do produto, mas também das ferramentas, cuja capacidade de

produção deve ser medida em tempo de vida. Da mesma forma que os materiais, as ferramentas devem estar disponíveis na quantidade suficiente para permitir a produção solicitada. Elas terão consumidas parte ou a totalidade da sua vida proporcionalmente à quantidade de trabalho executado.

Os custos não transparentes podem representar uma parcela considerada do custo total de produção. Plute (1998) relata alguns dos benefícios que podem ser obtidos com as técnicas do gerenciamento:

- Conservação do conhecimento adquirido;
- Manutenção dos dados de utilização de ferramentas atualizados;
- Prevenção e identificação da falta de ferramentas no inventário;
- Melhora significativa da precisão do inventário;
- Redução do nível de inventário e redução de compras desnecessárias;
- Redução do tempo de *setup* de máquinas e redução nos tempos de *preset* e montagens.

Autores citados por Castro R. (2005), enfatizam alguns benefícios extraídos da implantação de sistemas de gerenciamento de ferramentas. Dentre eles, têm-se:

- Redução de 90% no tempo usado para a procura de ferramentas;
- 75% de redução de ferramentas perdidas;
- 20% de redução do custo anual médio de ferramentas estocadas;
- Redução de 40% dos custos com ferramentas consumíveis;
- Redução da variabilidade de itens em uso;
- Melhoria do controle;
- Aumento da utilização das máquinas.

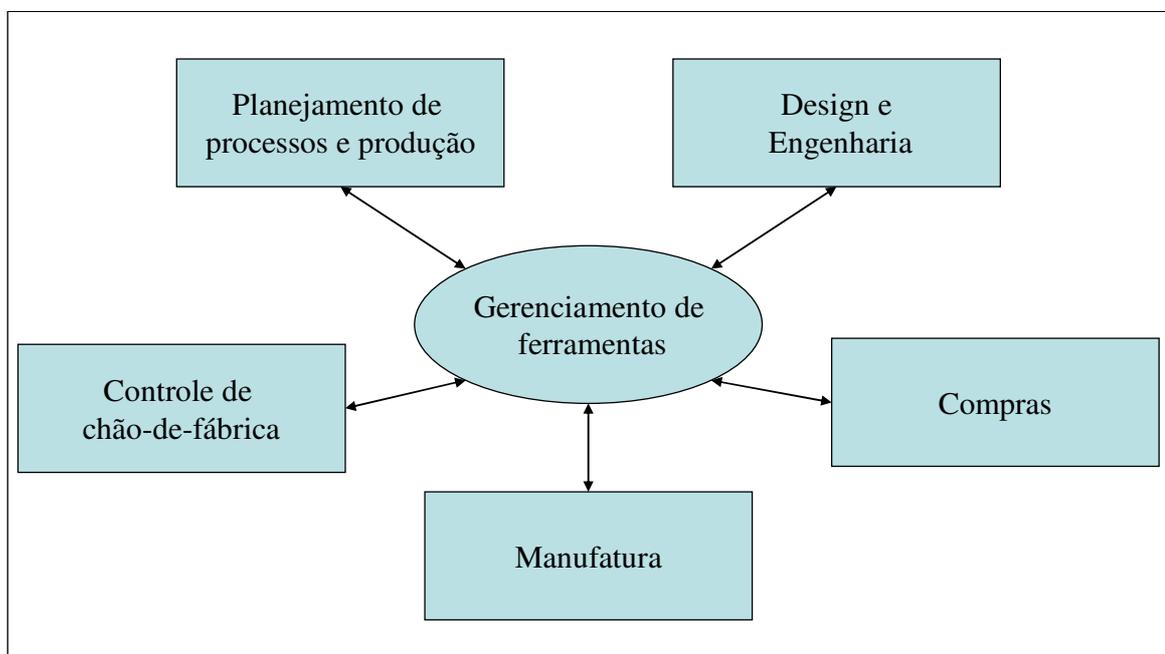
De forma abrangente, o gerenciamento melhora em todos os aspectos o sistema de produção, e envolve todas as áreas que participam do processo, desde o departamento de compras até a produção, passando pelas áreas de desenvolvimento de produto, setor de ferramentas e engenharias (FAVARETTO, 2005).

Todavia, Castro P. (2005) adverte que não se deve esperar por soluções milagrosas. Os resultados alcançados dependem de muito trabalho, dedicação, comprometimento e seriedade. Não se deve acreditar que a grande problemática histórica do gerenciamento de ferramentas efetuado de forma incorreta seja resolvida num passe de mágica.

### 2.1.3 Modelo teórico de gerenciamento de ferramentas

Favaretto (2005) explica que o gerenciamento de ferramentas deve ser tratado de forma interdepartamental, atuando em vários setores dentro de uma organização. Os objetivos do gerenciamento serão inteiramente concretizados somente através do pleno entendimento, cooperação e compartilhamento de objetivos e informações entre os setores envolvidos.

O ambiente de atuação do gerenciamento de ferramentas é muito abrangente. As atividades desenvolvidas pelo gerenciamento atingem várias outras áreas de uma organização, conforme Figura 2.3.



Fonte: BOOGERT, 1994, p.24 – adaptado

Figura 2.3 – Abrangência de atuação do gerenciamento de ferramentas

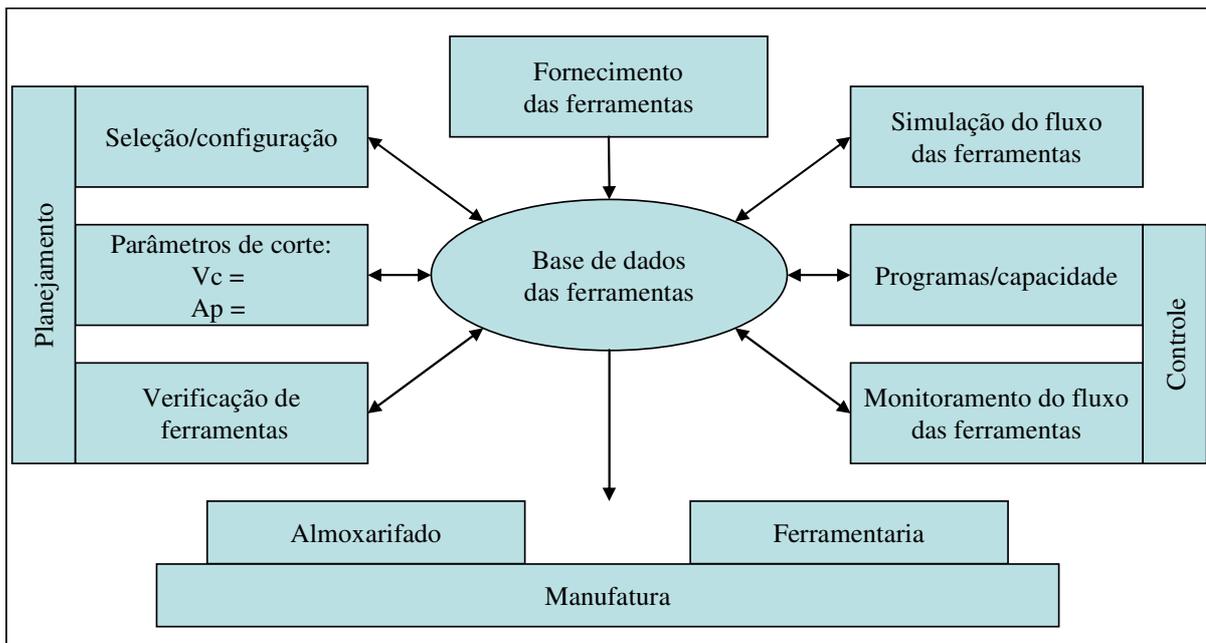
Vários autores apresentam quais devem ser as funções do gerenciamento de ferramentas. Uma forma objetiva e completa para descrever estas funções é realizada por Tani (1997), Figura 2.4.

Boogert (1994) descreve um modelo de manufatura (Figura 2.5) e a partir deste modelo o mesmo autor desenvolve um modelo teórico para o gerenciamento de ferramentas (Figura 2.6).

O modelo de referência de gerenciamento de ferramentas (Figura 2.6) consiste basicamente de três módulos, classificados em Estratégico, Técnico e Logístico. Cada módulo é responsável por um conjunto de ações que, agrupados, irão formar um modelo completo,

com todas as funcionalidades necessárias para a obtenção dos resultados esperados pelo gerenciamento (BOOGERT, 1994).

O Planejamento Estratégico trata principalmente das questões ligadas à área administrativa, e ocupa-se com a padronização e redução na variedade de ferramentas, compra de ferramentas, redução de componentes e acompanhamento do nível de inventário.



Fonte: TANI, 1997, p.46 – adaptado

Figura 2.4 - Funções do sistema de gerenciamento de ferramentas

O Planejamento Logístico é dividido em Fluxo de Informações e Fluxo Físico.

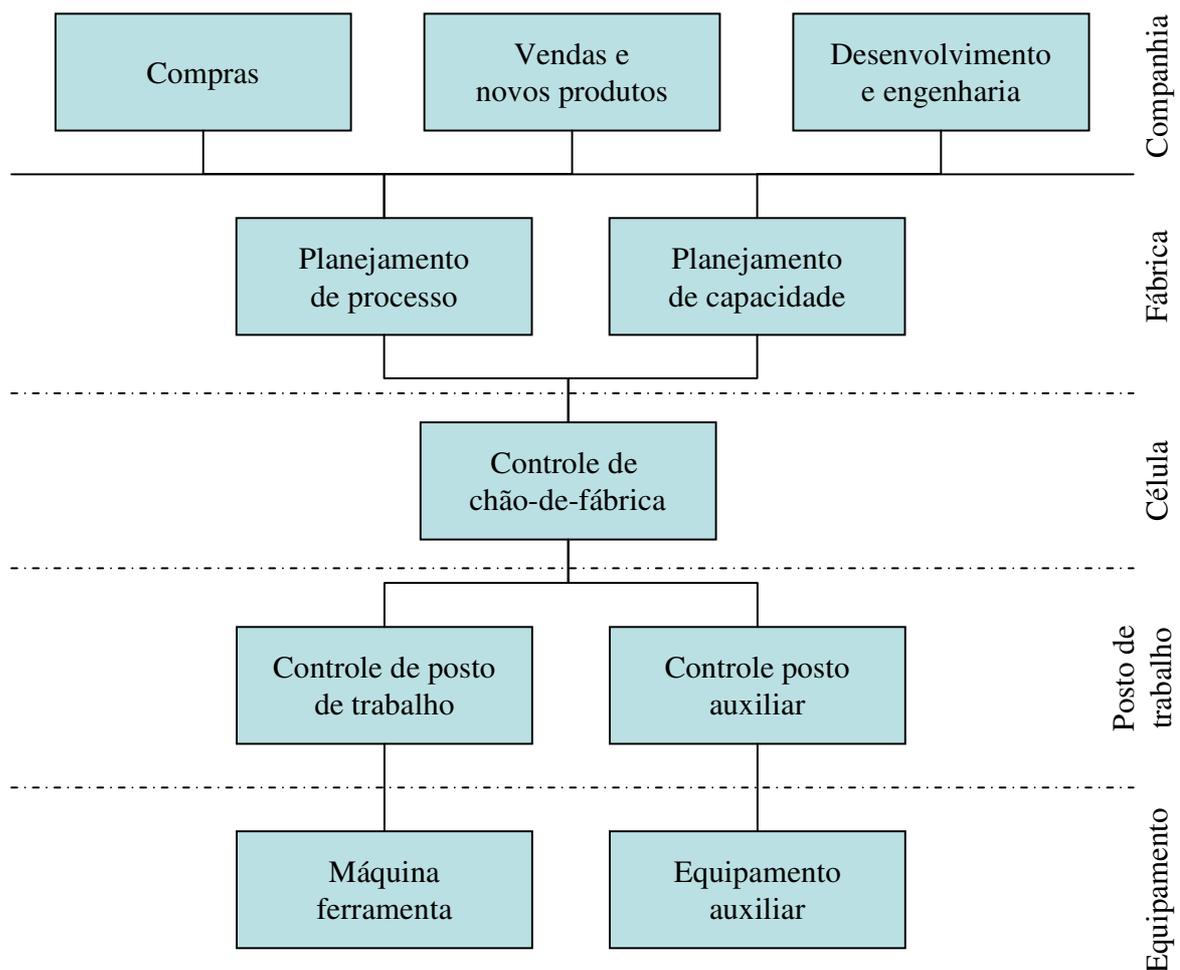
- Fluxo de Informações: responsável pelas funções de planejamento da capacidade, diagnóstico de performance e seqüenciamento dos lotes de produção;
- Fluxo Físico: dentre as ações que tratam do fluxo físico destacam-se o armazenamento de ferramentas, o tratamento das ferramentas com relação à manutenção e disponibilização das mesmas à produção, montagem, *preset*, desmontagem e transporte até os locais de utilização. Envolvendo desta forma tudo o que diz respeito à movimentação física das ferramentas.

O Planejamento Técnico é responsável pela seleção e uso das ferramentas e recursos disponíveis, podendo ser dividido em planejamentos Genérico e Específico.

- Genérico: as funções genéricas do planejamento técnico são utilizadas para análise do produto, para definição do conjunto de ferramentas e seleção das classes dessas ferramentas.

- Específico: neste ponto do processo, são realizadas as seleções das ferramentas, composições das montagens e a determinação dos parâmetros de corte, bem como definição da vida da ferramenta.

Um segundo modelo de gerenciamento de ferramentas é apresentado por Khator & Leung (1994). Estes autores dividem o gerenciamento de ferramentas em duas categorias básicas: o planejamento de ferramentas e o controle de ferramentas.



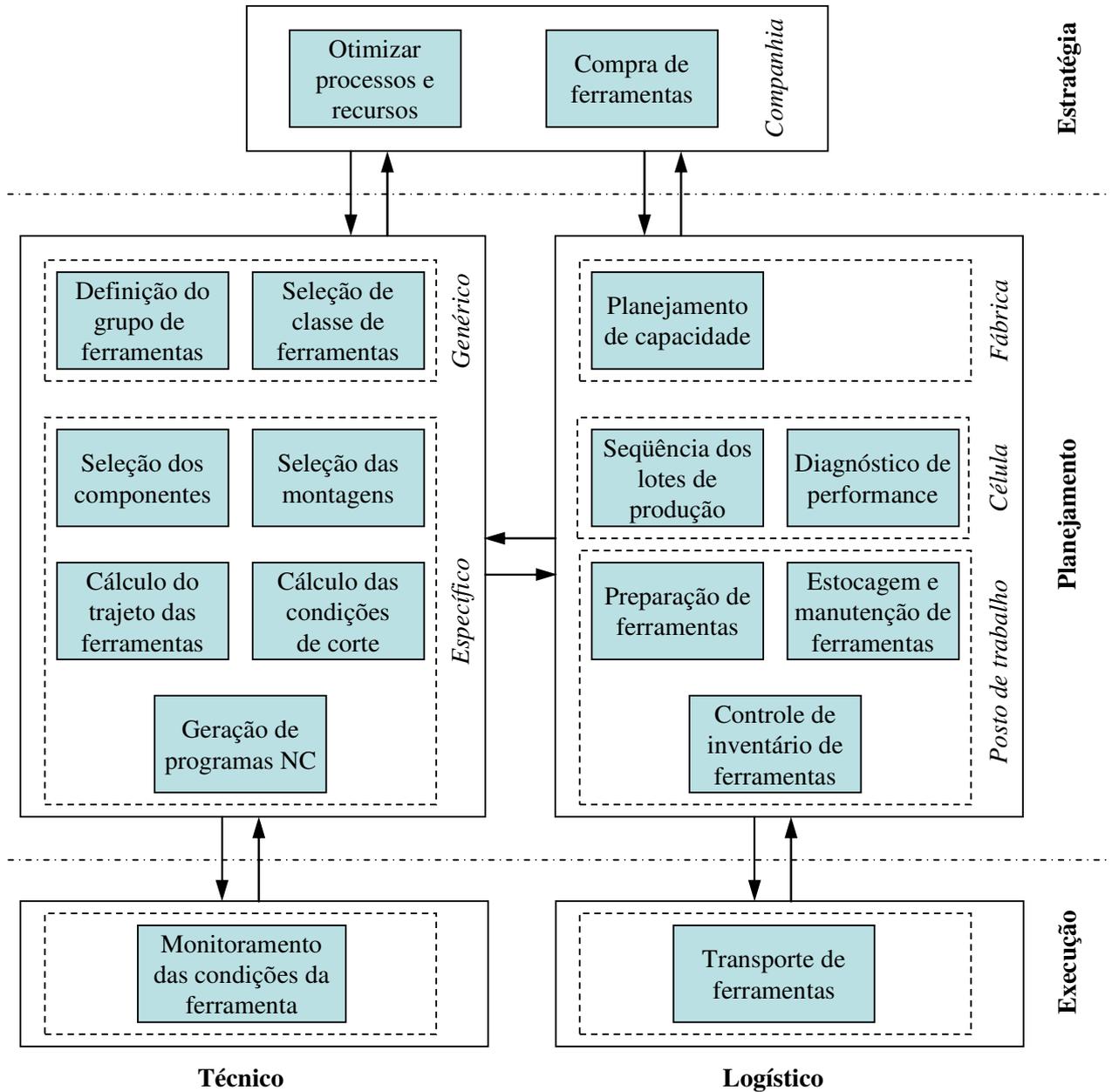
Fonte: BOOGERT, 1994, p.3 - adaptado

Figura 2.5 – Modelo de referência de manufatura

O planejamento de ferramentas está diretamente ligado ao projeto de ferramentas e suas facilidades, estratégias, disponibilidade e interfaces com a máquina. Já o controle de ferramentas está relacionado com as informações relativas às ferramentas (banco de dados), ao fluxo de controle, aos esquemas de inspeção e ao monitoramento das ferramentas.

Um sistema de gerenciamento de ferramentas completo consiste das atividades de planejamento, programação, obtenção, identificação, distribuição, manutenção,

rastreabilidade, controle e medida de desempenho das ferramentas. Da mesma forma, deve dedicar às ferramentas a atenção, estrutura e disciplina aplicada aos sistemas de manufatura (MELNYK & LYMAN, 1993).



Fonte: BOOGERT, 1994, p.44 - adaptado

Figura 2.6 – Modelo de referência de gerenciamento de ferramentas

#### 2.1.4 Considerações

Nesta seção foram identificados modelos para realizar um gerenciamento de ferramentas de forma eficiente, que atenda as necessidades técnicas e administrativas do chão-de-fábrica.

Muitas destas técnicas podem ser utilizadas para descrever um modelo de gestão de estoque de ferramentas, como análise de capacidade, definição dos parâmetros de corte, forma para disponibilizá-las à máquina e o próprio dimensionamento.

A literatura mostra alguns trabalhos realizados sob o aspecto do gerenciamento de ferramentas que obtiveram sucesso. Autores como Castro P. (2005), Favaretto (2005) e Boehs (2002) apontam que o gerenciamento de ferramentas apresenta-se como a melhor proposta para tratar dos problemas de ferramentas.

Sendo assim, são apresentados os conceitos de análise de capacidade, gestão de estoques, classificação ABC de ferramentas, vida útil e alteração dos parâmetros de corte utilizados para desenvolver o modelo de gestão de estoque.

## **2.2 Análise de capacidade**

O problema principal com relação à definição da capacidade de produção das máquinas é a complexidade que existe na maior parte dos sistemas produtivos. Esse problema é facilmente resolvido quando a produção é altamente padronizada e repetitiva. Quando não há alta padronização dos processos, a capacidade de cada equipamento é difícil de ser definida de forma simples (SLACK, 2002).

Slack (2002) afirma que, a capacidade de produção dos equipamentos sofre várias influências externas, reduzindo a sua capacidade de produção. Necessidades de troca de peças e ferramentas na máquina, paradas de manutenção reduzem o tempo disponível para a produção. Porém, estes não são os únicos fatores que atrasam a produção, problemas de qualidade também a reduzem. Ao final, tem-se uma capacidade real de produção, ou capacidade efetiva.

Capacidade pode ser definida de várias formas. Uma definição simples que contempla todo o sentido do termo capacidade é descrita por Arnold (1999, p.141): “Capacidade é o volume de trabalho que pode ser feito num período específico de tempo.”

Arnold (1999) define dois tipos de capacidade:

- Capacidade disponível ou calculada: é a capacidade de um sistema ou recurso de fornecer uma quantidade de peças ou produtos em um período de tempo;
- Capacidade exigida: é a capacidade de produção de um recurso a fim de fornecer um resultado desejado num período de tempo.

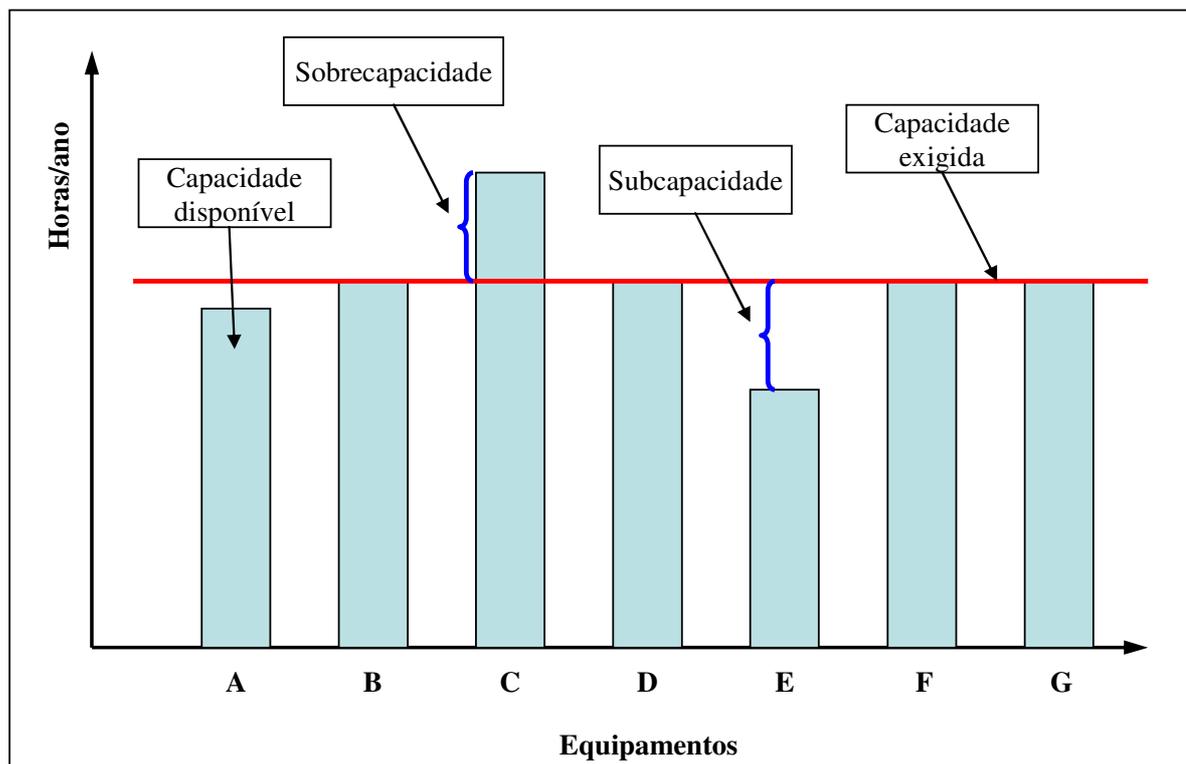
Um relatório eficiente (Tabela 2.1) apresenta os dados de capacidade exigida e os dados de capacidade disponíveis para cada período de tempo planejado (ARNOLD, 1999).

Tabela 2.1 – Relatório de capacidade de máquina

Fonte: ARNOLD, 1999, p.155 - adaptado

Semana	20	21	22	23	24	Total
Carga liberada [horas]	51,5	45	30	30	25	181,5
Carga planejada [horas]	100,5	120	100	90	100	510,5
Carga total [horas] (capacidade exigida)	152	165	130	120	125	692
Capacidade calculada [horas]	140	140	140	140	140	700
Acima/abaixo da capacidade [horas]	(12)	(25)	10	20	15	8

A análise da Tabela 2.1 torna-se difícil quando a quantidade de elementos é muito grande. Desta maneira, as informações tabeladas devem ser apresentadas de forma gráfica, auxiliando o analista de capacidade. A Figura 2.7 destaca um exemplo de gráfico para a análise de capacidade de máquina.



Fonte: ARNOLD, 1999, p.156 – Adaptado

Figura 2.7 – Análise de capacidade de máquina

A principal função do gráfico apresentado pela Figura 2.7 é permitir identificar as máquinas sobrecarregadas ou com sobrecapacidade, e as máquinas subutilizadas ou com subcapacidade (RUSSOMANO, 1979).

Segundo Arnold (1999), o termo sobrecapacidade indica que um equipamento necessita de mais horas de trabalho para realizar uma determinada produção do que o tempo de máquina disponível. Os equipamentos com sobrecapacidade são os chamados gargalos de produção. Já o termo subcapacidade indica que um equipamento necessita de menos horas para produzir uma determinada demanda de itens em relação ao seu tempo disponível para produção.

Russomano (1979) assinala que os equipamentos mais carregados (acima de 80%) devem reter mais atenção, com o objetivo de prever possíveis ações que garantam que toda a demanda seja produzida. Dentre estas ações, destacam-se:

- Utilizar outros equipamentos para realizar a mesma operação;
- Propor a utilização de mais turnos de trabalho;
- Terceirizar alguns serviços;
- Adquirir mais equipamentos;
- Transferir ou mesmo recusar pedidos.

As ações descritas por Russomano (1979) podem solucionar os problemas de variação de demanda ou processo, adequando a capacidade de produção e conseqüente satisfação do cliente por receber os produtos conforme sua necessidade.

### **2.3 Gestão de estoque**

“Por gestão de estoques entendemos o planejamento do estoque, seu controle e sua retroalimentação sobre o planejamento.” (CHING, 1999, p.36).

Para Ching (1999), o planejamento consiste na determinação dos valores que o estoque terá com o decorrer do tempo, na determinação das datas de entrada e saída de materiais do estoque e na determinação dos pontos de pedido de material.

Para Slack (et al 2002, p.381), estoque pode ser definido como “a acumulação armazenada de recursos materiais em um sistema de transformação.”

Conforme Moreira (2004, p.463):

[...] quaisquer quantidades de bens físicos que sejam conservados; de forma improdutiva, por algum intervalo de tempo; constituem estoques tanto os produtos acabados que aguardam venda ou despacho, como matérias-primas e componentes que aguardam utilização na produção.

O gerenciamento moderno avalia e dimensiona convenientemente os estoques com embasamento científico, substitui o empirismo por soluções práticas e eficientes (VIANA, 2002).

Ruggs (1976) afirma que o objetivo de um sistema para dimensionamento de estoque é ter o material certo na quantidade solicitada pela produção, no lugar onde realmente é necessário e no momento certo.

Para o mesmo autor, um roteiro para o correto dimensionamento de estoques consiste em:

1 - elaborar a classificação ABC (Pareto): é a ordenação dos itens consumidos em função de um valor financeiro. Uma vez ordenados, os itens são divididos em três categorias:

A: representam entre 10 e 20% do número de itens, equivalendo a um valor financeiro entre 50 e 80% do total em estoque;

B: representam 20 e 30% do número de itens, e 20 a 30% do valor financeiro;

C: representam mais de 50% dos itens, e equivalem entre 5 e 10% do valor do estoque.

Assim é possível priorizar o acompanhamento dos itens em estoques, dando preferência aos itens listados na classificação “A”.

2 - selecionar um modelo de gestão de estoques: para a determinação do estoque de segurança deve-se responder a duas questões: quando e quanto repor? Existem dois sistemas que respondem a estas questões:

Sistema de reposição contínua: calcula-se o ponto de pedido do material, e, quando o estoque atinge este valor é emitida uma ordem de compra para a reposição deste item na quantidade determinada por meio do cálculo do lote econômico de compra (LEC).

Sistema de reposição periódica: basicamente faz-se a revisão do estoque de tempos em tempos (diário, semanal, mensal) e estima-se a quantidade necessária para completar o nível de estoque de segurança;

3 - calcular os parâmetros do sistema:

Estoque máximo e mínimo: o estoque máximo indica o número máximo de itens em estoque, de forma que atenda a demanda solicitada pela produção. Contudo, este número não pode ser abusivo a ponto de causar altos custos de manutenção de estoque. O estoque mínimo indica o menor número de itens em estoque que ainda supre a necessidade de demanda solicitada pela produção até a próxima compra, sem ocorrências de paradas pela falta do mesmo.

Lotes de reposição: também conhecido como lote econômico, é o número de itens a ser comprado quando os itens estocados atingem o estoque mínimo.

4 - determinar os valores finais, introduzindo considerações adicionais não incluídas anteriormente: alguns outros dados devem ser analisados na gestão de estoques, como, por exemplo, a produtividade da área de materiais e a qualidade do serviço. A cada fechamento de mês deve-se fazer uma análise dos dados de produtividade do setor com o objetivo de encontrar problemas relacionados ao mau dimensionamento dos estoques, lotes de reposição inadequados e distribuição inadequada da curva ABC.

O estoque funciona como um amortecedor entre demanda e oferta, devendo ser mantido o mais baixo possível e ao mesmo tempo não deve deixar de abastecer a demanda de produção (ROSA, 2003).

Dentro dessa visão, o estoque de ferramentas de corte deve ser mantido entre nível mínimo e máximo, que proporcione uma redução dos custos de estocagem, e não cause problemas devido à falta de ferramentas para a produção (TURINO, 2002).

Em virtude do alto valor agregado das ferramentas de corte ao produto final, o estoque das mesmas deve ser dimensionado de forma que garanta uma vantagem competitiva quanto à disponibilidade de capital para novos investimentos e permita uma produção sem paradas devido à falta de ferramentas.

### 2.3.1 Funções e objetivos do planejamento e controle do estoque

Várias são as descrições sobre as funções que o planejamento de estoque exerce sobre a produção. De forma resumida, podem ser citados (POZO, 2004):

- Assegurar o suprimento adequado de insumos ao processo de fabricação;
- Manter um estoque mínimo que atenda a produção de acordo com a demanda;
- Identificar itens obsoletos e defeituosos em estoque para eliminá-los;
- Não permitir condições de falta ou excesso em função da demanda de vendas;
- Prevenir-se quanto à perda, dano, extravio ou mau uso;
- Manter quantidades em relação às necessidades e aos registros;
- Fornecer bases concretas de informação para o planejamento dos estoques de curto, médio e longo prazo.

As funções desempenhadas pelo controle do estoque conferem flexibilidade às operações de uma empresa; além de possuir outros objetivos destacados por Heizer & Render (2001):

- Aproveitar a vantagem dos descontos por quantidade adquirida, porque as compras em quantidades elevadas podem reduzir custo de pedir, bem como custos de transporte;
- Resguardar contra a inflação e aumento de preços;
- Proteger contra variações na entrega por causa de problemas climáticos, falta de material do fornecedor, problemas com qualidade ou entregas indevidas.

Um outro ponto de vista com respeito ao planejamento e controle de estoques é apresentado por Davis (2001). Segundo o autor, as organizações mantêm estoques devido a certos fatores:

- Para se protegerem das incertezas: as quais são examinadas em três áreas; (1) incerteza quanto à matéria-prima. Esta incerteza esta relacionada ao tempo de atravessamento ou tempo de fornecimento da matéria-prima, que pode variar em função de atrasos inesperados e da sua quantidade recebida; (2) incerteza quanto aos processos. Os estoques entre os processos absorvem a variabilidade que existe entre os mesmos; (3) incerteza quanto à demanda que será pedida pelo cliente;
- Para dar suporte a um plano estratégico: quando a empresa adota uma política de produção constante, um estoque de produtos acabados se faz necessário. Quando a demanda de produtos aumenta além da produção, este estoque é consumido, e quando a demanda é menor que a produção, este estoque é repostado;
- Obter vantagens de economia em escala: normalmente as empresas fornecem descontos a clientes que compram grandes pedidos. Isto resulta num acréscimo de estoque, que de outra forma não existiria.

### 2.3.2 Custo dos estoques

Fator determinante para o dimensionamento de qualquer estoque é a análise dos custos envolvidos. Quanto maiores as quantidades em estoque, maiores os custos de sua manutenção. Por outro lado, quanto maior a quantidade de itens do pedido, menos pedidos serão feitos e, por consequência, menores custos de pedir serão incorridos (CHING, 1999).

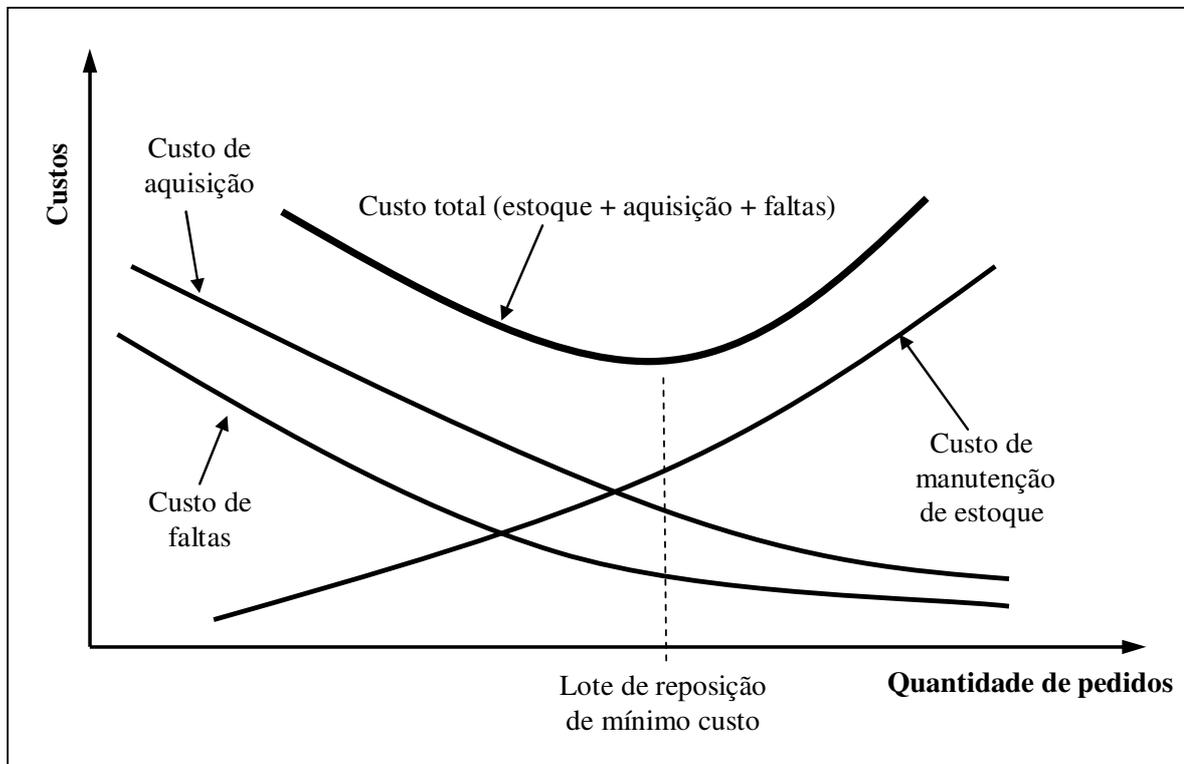
O custo total em estoque é a relação entre custo de manter o estoque, custo de aquisição e custo da falta de material estocado para a produção (Figura 2.8).

As três variáveis que formam o custo de estocagem descritas na Figura 2.8 são detalhadas por Stevenson (2001):

#### 1) Custos de manutenção de estoque:

O custo de manutenção do estoque relaciona-se à manutenção física dos itens. Incluem os custos de manutenção: os juros, seguros, impostos, depreciação, obsolescência,

deterioração, estragos, pequenos furtos, quebras e o custo do almoxarifado (mão-de-obra, luz, água, segurança). Outro fator associado ao custo do estoque inclui o custo de oportunidade. Neste caso, o dinheiro empatado no estoque poderia estar sendo destinado a outro investimento mais rentável.



Fonte: CHING, 1999, p.30 - adaptado

Figura 2.8 – Custo total

Ballou (1999) ressalta que o custo típico de manutenção anual de estoque de um item varia entre 20% e 40%. Isto significa dizer que uma ferramenta adquirida a um custo de R\$ 100,00 estocado durante um ano pode custar até R\$ 140,00.

## 2) Custos de aquisição

Constituem os custos relativos ao pedido e ao recebimento do estoque. Incluem os custos para: determinação de quanto será necessário comprar, preparação das ordens de compra, custos de frete, inspeção dos itens comprados para o controle de qualidade e quantidade, e transferência do produto para o almoxarifado. Normalmente os custos são expressos por pedidos, independente do número de itens solicitados.

## 3) Custos da falta de estoque:

Ocorre este custo quando a demanda solicitada excede o estoque disponível. Incluem os custos de oportunidade por não efetuar uma venda, perda da confiança por parte

do cliente, multas por atraso na entrega e outros custos similares. O custo da falta de estoque é, muitas vezes, difícil de obter, sendo estimado subjetivamente.

## **2.4 Definição do modelo de gestão de estoque para ferramentas de usinagem**

Ballou (1999) diz que a impossibilidade de sincronizar perfeitamente a demanda e o fornecimento obriga as organizações a manterem algum nível de estoque de produtos. Da mesma forma que a variação de demanda pelos clientes gera um estoque de produtos, a variação de demanda dos produtos gera um estoque de ferramentas a fim de suprir esta variação.

A determinação do modelo de dimensionamento do estoque deve levar em consideração as seguintes informações; (1) quando a demanda de produtos é conhecida; (2) quando essa demanda não é conhecida. Esta consideração leva a duas formas de como calcular os estoques; através do Sistema de Planejamento das Necessidades de Materiais (MRP) ou através do Lote econômico de Compra (LEC) (MOREIRA, 2004; SLACK et al, 2002).

Deste modo, cabe avaliar qual destes métodos apresenta-se mais adequado a gestão do estoque de ferramentas de corte. Para isto, serão avaliados dois pontos chave, a fidelidade das informações de demanda e a capacidade de adição de um estoque de segurança. A análise destes critérios direciona o estudo à determinação do método mais adequado para a solução da problemática em questão.

- Fidelidade das informações de demanda: esta característica permite analisar se o modelo possui capacidade de atender as variações de demanda solicitadas pelos clientes.

O MRP usa dados detalhados para realizar a programação da necessidade dos materiais. De acordo com Davis (et al, 2001), o sistema MRP não tolera imprecisões nas previsões de demanda, o que compromete seu uso como solução para o problema.

O sistema LEC, por sua vez, tolera variações de demanda. Seu método de controle de estoque estabelece um sistema automático de reposição de estoque, em que novas ordens de compra são emitidas em função da própria variação do estoque (POZO, 2004).

- Estoque de segurança: outro fator decisivo na escolha de um método para o dimensionamento do estoque de ferramentas é o fato de este proporcionar certa segurança contra incertezas de matéria-prima, incerteza dos processos e incertezas da própria demanda. Nas empresas de usinagem, esta incerteza relaciona-se

principalmente à ferramenta de corte, devido a uma característica deste item, que é a constante variação de consumo em decorrência da variação da vida útil.

Fortulan (1996) afirma que a ferramenta de corte é um item que, quando controlado pelo MRP, pode com facilidade sofrer distorções de programação, devido a uma característica inerente a este item, que difere dos demais, que é a freqüente quebra durante a usinagem de alguma peça.

Santos (2005) verificou que a variação da dureza do ferro fundido de um tambor de freio em 15% pode resultar em uma alteração da vida útil da ferramenta em até 48%.

Davis (2001) salienta que o estoque de segurança no sistema MRP não é aconselhável. Um dos principais argumentos contra o uso de estoques de segurança é de que este nunca será usado, visto a demanda constante sob o qual é calculado o estoque.

No sistema LEC é possível aplicar um coeficiente de segurança para o cálculo do estoque mínimo. Este coeficiente deve assegurar que o estoque mínimo calculado absorva alguma variação dos valores utilizados no cálculo do estoque (POZO, 2004; FRANCISCHINI & GURGEL, 2002; VIANA, 2002).

Por sua vez, o LEC aperfeiçoa o estoque por meio de parâmetros de ressurgimento, os quais possuem a finalidade de manter os níveis permanentemente ajustados em função da importância operacional e do valor de cada material (VIANA, 2002).

Apresenta-se ainda outro método de controle e planejamento de estoques que é, muitas vezes, utilizado por empresas e que pode influenciar para um aumento ou diminuição de ferramentas de corte em estoque. Esse método é a administração do estoque pelo histórico real de consumo de ferramentas dos últimos 3, 6 ou 12 meses anteriores (TURINO, 2002).

A técnica de médias históricas pode levar a conclusões errôneas, e deixar a empresa muito vulnerável às variações de demanda. Caso a demanda de produção no mês seguinte aumente significativamente, sendo a programação de compra feita por índices já ocorridos, é consenso que irá faltar ferramenta de corte no estoque. Já, ao contrário, se a demanda diminuir, as ferramentas serão adquiridas pelos níveis anteriores e, neste caso, tem-se um aumento desnecessário de ferramentas no estoque (STANDARD & DAVIS, 1999).

Apresenta-se, assim, a necessidade de um modelo capaz de realizar o controle dos estoques de forma automática.

Dentre as necessidades expostas, grandes variações de demanda das montadoras de automóveis, grande variação no consumo de ferramentas e as afirmações dos autores anteriormente mencionados, cabe no presente trabalho o uso do sistema LEC como estratégia para o dimensionamento dos estoques de ferramentas, uma vez que este modelo adapta-se às

necessidades da empresa em estudo devido ao seu próprio método de trabalho, que realiza uma variação nos níveis de estoque de acordo com a necessidade de uso de cada ferramenta, permite a obtenção de um estoque de segurança capaz de suprir as variações de mercado e as variações de vida das ferramentas, além de realizar um controle automático via sistema informatizado.

A necessidade de atender as empresas fornecedoras de auto-peças foi constatada antes por Castro R. (2005, p. 01).

Com a retomada do crescimento da população de veículos a partir de 2000, aumentou a pressão feita pelas montadoras por fornecimento com prazos mais curtos, melhor qualidade dos insumos e preços competitivos. A pressão se estende para níveis mais distantes das montadoras, onde os fornecedores atendem a um número maior de clientes, com maior variedade de produtos fabricados. O ambiente se torna mais turbulento, com constantes alterações dos pedidos já colocados e introdução de pedidos urgentes, o que dificulta o planejamento da produção e provoca um acúmulo de estoques de alguns itens e a falta de outros (desequilíbrio dos estoques).

Com base na decisão pelo uso do sistema LEC, cabe detalhar esta técnica para dimensionar o estoque de ferramentas de usinagem.

## 2.5 Lote Econômico de Compra (LEC)

Também denominado sistema de máximo-mínimo, este método possibilita estabelecer um sistema automático de reposição de estoque, em que novas ordens de compra são emitidas em função da própria variação do estoque (POZO, 2004).

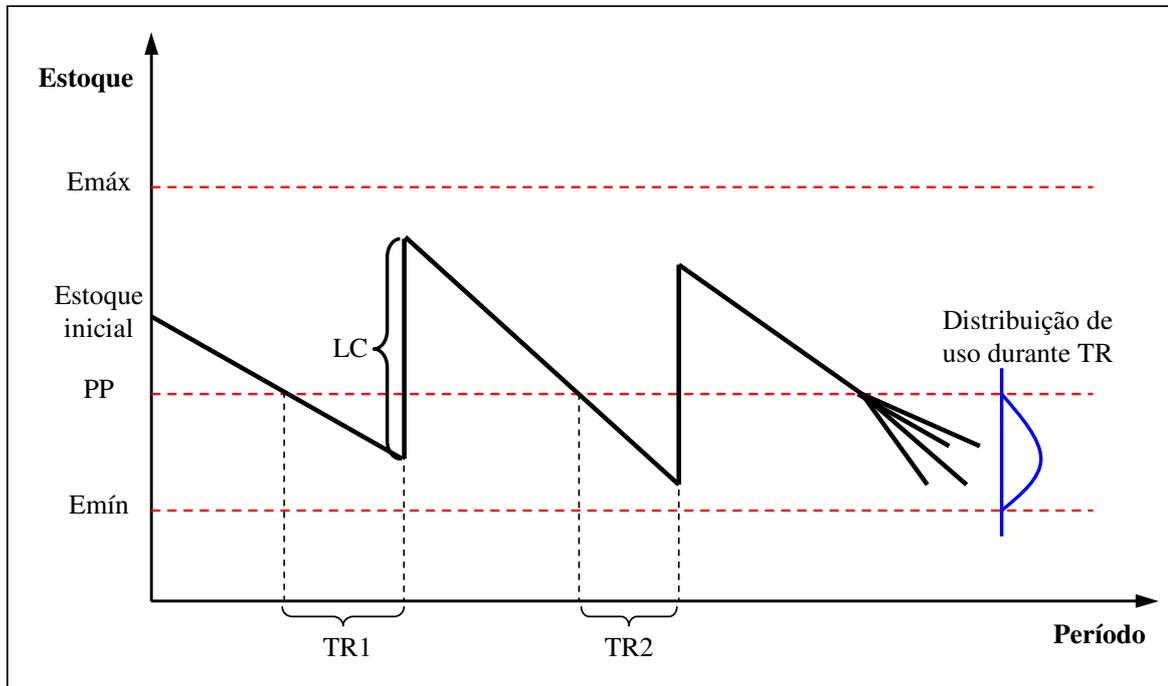
Para o funcionamento do sistema LEC são necessárias algumas informações básicas: estoque mínimo ( $E_{mín}$ ); estoque máximo ( $E_{máx}$ ); o ponto de pedido, ou momento em que novas quantidades devem ser compradas (PP); tempo para repor uma peça no estoque (TR) e a quantidade de peças que devem ser compradas, ou seja, o lote de compra (LC) (POZO, 2004).

O LEC apresenta como resultado da variação de itens em estoque um gráfico característico ao modelo (Figura 2.9) que se adapta às variações de demanda e variações de consumo dos itens em estoque através do próprio método de trabalho.

Os conceitos dos principais parâmetros de ressuprimento são descritos por Viana (2002):

- Estoque mínimo ( $E_{mín}$ ): também denominado de estoque de segurança, é a mínima quantidade possível de material capaz de suportar um tempo de ressuprimento superior ao programado, mostrado no gráfico da Figura 2.9 como TR1 e TR2. Neste caso o

tempo de entrega TR1 foi superior ao TR2. O estoque mínimo também serve para absorver um consumo desproporcional segundo uma distribuição desconhecida.



Fonte: SLACK, 2002, p.397 - adaptado

Figura 2.9 – Gráfico característico do sistema LEC

- Estoque máximo (Emáx): é a quantidade máxima em estoque permitida para o material.
- Ponto de pedido (PP): quantidade de estoque na qual, ao ser atingido, indica o momento em que deve ser providenciada a compra de um novo lote do produto. O valor definido como PP deve garantir o consumo do material durante o tempo de ressuprimento, de tal forma que o estoque não atinja o estoque mínimo.
- Tempo de reposição (TR): também chamado de *lead time*, é o tempo necessário até a chegada de um novo pedido de compra. Devido a vários fatores, o tempo de entrega pode sofrer variações, como, por exemplo, problemas de transporte, fatores naturais (enchentes, terremotos, etc.).
- Lote de compra (LC): é a quantidade de material solicitado em cada pedido de compra. Este valor leva em consideração informações de custo e consumo dos itens que serão comprados.

Francischini & Gurgel (2002, p.151) definem o tempo de reposição do estoque “[...] como o período entre a detecção de que o estoque de determinado item precisa ser repostado até a efetiva disponibilidade do item para o consumo.”

Para Viana (2002), o lote econômico de compra representa a quantidade de item que se deve comprar de forma que os custos de obtenção e de manutenção sejam mínimos.

A seguir são apresentadas as equações para a definição do LEC (POZO, 2004; FRANCISCHINI & GURGEL, 2002; VIANA, 2002).

O tempo de reposição é definido pela soma dos tempos envolvidos no processo de:

- x. elaborar e confirmar o pedido ao fornecedor;
- y. tempo que o fornecedor necessita para entregar o pedido;
- z. tempo para processar a liberação do pedido dentro da fábrica.

Desta maneira, tem-se:

$$TR = x + y + z \quad (2.1)$$

Em que: TR = Tempo de Reposição.

O cálculo para o ponto de pedido:

$$PP = (C \times TR) + Emín \quad (2.2)$$

Em que: PP = Ponto de Pedido;

C = Consumo normal do item;

TR = Tempo de Reposição (*Lead time* de entrega de novos itens);

Emín = Estoque mínimo.

O estoque máximo é calculado através da equação:

$$Emáx = Emín + LC \quad (2.3)$$

Em que: Emáx = Estoque máximo;

LC = Lote de compra.

Para o cálculo do estoque mínimo normalmente utiliza-se um fator de risco dado em porcentagem. Este fator geralmente é definido pelo administrador em função de sua

sensibilidade de mercado e informação proveniente dos setores de vendas, marketing e do próprio cliente. Desta forma, o estoque mínimo é definido:

$$E_{\text{mín}} = C \times K \quad (2.4)$$

Em que:  $K$  = Fator de risco (%)

Cálculo do lote de compra (LC):

$$LC = \sqrt{\frac{2 \times CA \times CC}{CPA \times CU}} \quad (2.5)$$

Em que:  $CA$  = consumo do item no período de tempo;

$CC$  = custo unitário do pedido de compra;

$CPA$  = custo do material armazenado;

$CU$  = custo unitário do material comprado.

Com uma análise mais criteriosa das equações descritas anteriormente, pode-se concluir previamente que a única variável controlada sob o aspecto técnico da engenharia é a informação da quantidade de ferramentas de corte consumidas no período analisado.

Por sua vez, esse consumo de ferramentas é derivado da seguinte equação:

$$C = \frac{DP}{V_{\text{útil}}} \quad (2.6)$$

Em que:  $C$  = Consumo de itens (ferramentas) no período.

$DP$  = Demanda de produtos

$V_{\text{útil}}$  = Vida útil da ferramenta de corte

A informação sobre demanda de peças usinadas é de responsabilidade do setor de vendas, enquanto a vida útil das ferramentas deve ser informada pela área de engenharia ou *preset* de ferramentas.

Dada a importância desta informação, tem-se a necessidade de definir a vida das ferramentas de corte sob uma análise técnica comprovadamente eficiente.

### 2.5.1 Vida útil da ferramenta de usinagem

A definição da vida útil de uma ferramenta de usinagem dentro de uma linha ou célula de produção é algo mais complexo que a simples determinação do tempo de corte sem uma análise da inserção desta ferramenta num contexto mais amplo. Dentro de um sistema de produção, essa ferramenta possui um papel muito importante com relação a custo, tempo e capacidade de produção. Estes fatores devem fazer com que a ferramenta seja analisada em cada operação, definindo, assim, seu papel no contexto amplo do sistema de produção.

Denomina-se vida de uma ferramenta o tempo que a mesma trabalha efetivamente (deduzindo os tempos passivos), até perder a sua capacidade de corte, dentro de um critério previamente estabelecido. Atingido esse tempo a ferramenta deve ser novamente afiada ou substituída (FERRARESI, 1977, p424).

Schroeter & Weingaertner (2001) concordam com a afirmativa acima. Os mesmos autores acrescentam que a vida da ferramenta de corte é o componente de maior importância para a caracterização da usinabilidade de um material.

Segundo Diniz (2003) e Ferraresi (1977), os fatores que determinam a fixação de um valor limite para o uso de uma ferramenta são os seguintes:

- os desgastes da ferramenta atingem valores tão elevados que se receie a quebra: este tipo de ocorrência é crítica em operações de desbaste, onde, por não haver necessidade de tolerâncias apertadas e bons acabamentos, permite-se o uso das ferramentas com desgastes elevados.
- devido ao desgaste de folga da ferramenta, não seja possível obter as tolerâncias apertadas ou bons acabamentos da superfície usinada: isto é crítico em operações de acabamento;
- o crescimento do desgaste faz com que aumente o atrito entre peça e ferramenta, causando na ferramenta a perda do fio de corte;
- o aumento dos esforços de corte, provenientes do elevado desgaste da ferramenta, interfere no bom funcionamento da máquina.

Pires & Diniz (1996) afirmam que as maiores ocorrências para o fim da vida estão concentradas nos dois primeiros itens. Estes motivos de desgaste, por sua vez, são de difícil detecção nas indústrias em que o fim da vida fica a cargo do operador.

A afirmação de Pires & Diniz (1996) é constatada através da pesquisa de campo. Os resultados da pesquisa realiza neste trabalho apontam que os dois fatores principais para a definição de fim da vida são baseados no desgaste da ferramenta e na medição da qualidade

da peça. O desgaste da ferramenta é acompanhado uma vez, e após superar o valor especificado de desgaste, o fim da vida pelo número de peças que foram produzidas. A partir deste ponto todas as ferramentas passam a ser trocadas após produzir esta quantidade de peças.

Outro fator relevante para o fim da vida da ferramenta, conforme apontado na pesquisa de campo realizada na empresa em estudo, é a qualidade da peça. Quando os dados de qualidade da superfície ou dados dimensionais não são atingidos, a ferramenta deve ser trocada para que a qualidade seja mantida.

Na falta de um destes critérios, a prática da empresa pesquisada para o fim da vida é definido com base na experiência dos profissionais da área ou mesmo mediante informações de fornecedores.

Desta forma, nas operações de desbaste, nas quais são tolerados altos valores de desgaste, o operador, por temer a quebra da ferramenta e os danos ocasionados devido a esta quebra, acaba trocando a ferramenta muito antes dos desgastes serem tais que a quebra esteja próxima (PIRES & DINIZ, 1996).

Nas operações de acabamento, torna-se mais fácil avaliar os desgastes da ferramenta verificando as dimensões da peça através de calibradores passa-não-passa ou algum outro instrumento de medição. Neste caso, não é obrigatória a troca da ferramenta, pois ainda é possível corrigir sua posição e continuar o corte. Para isso, o operador deve ter condições de avaliar o acabamento da superfície usinada. Como normalmente não há um rugosímetro ao lado da máquina e a comparação com uma peça padrão é um processo impreciso, o resultado acaba sendo um grande desperdício de ferramentas, porque diante da dificuldade de estabelecer o fim da vida da ferramenta, o operador acaba agindo de forma conservadora para garantir a integridade da peça e não causar perdas de produção (PIRES & DINIZ, 1996).

Pires & Diniz (1996) apresentam duas propostas para equacionar os problemas descritos acima.

- Em ambientes de produção altamente automatizados, pode-se monitorar o desgaste das ferramentas indiretamente usando um sistema computadorizado. Este sistema avalia sinais de sensores de vibração, sensores de emissão acústica, parâmetros de sistemas elétricos ou força de usinagem, que apontam automaticamente o momento da troca da ferramenta. Estudos prévios concluíram que o aumento da corrente elétrica consumida pela máquina de usinagem ocorre lentamente no início da usinagem, e passa a crescer rapidamente quando o desgaste de flanco da ferramenta é de cerca de 0,4mm. Deste

modo, quando o valor da corrente elétrica é de 30% a mais que seu valor inicial (obtido no corte da primeira peça com a mesma ferramenta), tem-se a certeza que o desgaste foi atingido e a ferramenta deve ser trocada.

- Em um ambiente pouco automatizado o desperdício de ferramentas pode ser reduzido por meio do treinamento dos operadores, que passam a possuir mais subsídios para decidir sobre o melhor momento para a troca da ferramenta. Mesmo neste ambiente pouco automatizado, é possível utilizar o conceito do comportamento da corrente elétrica para a determinação do fim da vida. Basta instalar um amperímetro na máquina-ferramenta e treinar o operador para interpretar seu sinal.

O treinamento deve consistir de informações sobre aspectos diretamente relacionados com o fim de vida da ferramenta – como relação entre desgaste da ferramenta e corrente elétrica do motor da máquina, valores aceitáveis de desgaste da ferramenta, etc. – e também sobre aspectos de usinagem dos materiais que não estão diretamente relacionados com o fim da vida da ferramenta, como, por exemplo, materiais de ferramentas, escolha de ferramentas e condições de usinagem, etc. (PIRES & DINIZ, 1996, p.85).

Como mencionado anteriormente, a vida útil das ferramentas não deve ser definida sem uma análise desta ferramenta dentro de um contexto de produção. A definição e alteração dos parâmetros de corte, e conseqüente definição e alteração da vida, devem ser realizadas de forma que não prejudique a produção e ocasione falta de peças para os clientes, nem que sejam produzidas peças a mais, ocorrendo desgastes abusivos e desnecessários das ferramentas, além de gerar um estoque desnecessário de peças.

Há, portanto, a necessidade de uma análise da capacidade das máquinas de usinagem e uma forma de atuação sobre os resultados desta análise que resultem em práticas eficientes que auxiliem o chão-de-fábrica.

No caso específico de análise de capacidade em máquinas de usinagem, a adequação da capacidade ociosa ou sobrecarregada pode ser realizada adequando-se os dados de corte das ferramentas (DINIZ, 2003). Em máquinas de usinagem, pode-se tentar adequar a capacidade ociosa ou sobrecarregada de um equipamento alterando os dados de corte, antes de partir para as alternativas como turno extra, hora extra, compra de novas máquinas, etc.

Com base na análise de capacidade, faz-se as alterações dos dados de corte a fim de aumentar ou reduzir o tempo de produção. Esta alteração dos dados influi diretamente na vida da ferramenta.

Por outro lado, Ferraresi (1977) afirma que a variação da velocidade de corte ( $V_c$ ) possui maior influência na vida da ferramenta quando comparada com outros dados de corte, como avanço, por exemplo.

Pode-se concluir, então, que a análise de capacidade em máquinas de usinagem pode ser em alguns casos, de forma indireta, o item de maior influência na vida útil das ferramentas de corte.

A análise da capacidade das máquinas permite saber de que maneira se deve variar os valores de  $V_c$ . Estes dados serão responsáveis por alterar o tempo de usinagem, alterando naturalmente a capacidade das máquinas pelo aumento ou redução de produção, adequando esta capacidade à necessidade do cliente.

No entanto, a velocidade de corte não pode ser ditada aleatoriamente. Velocidades de corte muito baixas podem facilitar a formação de aresta postiça de corte (APC), que é um causador do desgaste da ferramenta. Da mesma forma, velocidades muito altas também causam um desgaste prematuro da ferramenta. Por conseguinte, existe um valor intermediário entre a velocidade de corte na qual se forma a APC e velocidades muito acima desta que se pode variar a  $V_c$  (DINIZ, 2003).

Se a  $V_c$  utilizada for muito superior à velocidade de corte em que se forma a APC, o desgaste da ferramenta será muito grande e a vida da ferramenta muito baixa. Neste caso, tem-se um grande custo devido à vida da ferramenta ser muito baixa. Porém, o tempo de produção será baixo, aumentando a eficiência de utilização das máquinas e operadores, e com isso reduzindo o valor desta componente do custo. Neste caso, ainda pode ocorrer da vida ser tão baixa que o tempo de troca de ferramentas pode ser tão alto que o tempo de produção seja elevado, elevando também o custo (DINIZ, 2003).

Caso a  $V_c$  utilizada seja imediatamente superior à velocidade crítica, o desgaste da ferramenta será pequeno, conseqüentemente terá uma vida alta e baixo custo com ferramenta. Porém, o tempo de produção será alto, e a baixa eficiência de utilização das máquinas e operadores pode tornar o processo oneroso. Assim, pode-se concluir que existe uma  $V_c$  entre a velocidade crítica e uma muito superior a esta na qual se obtêm os menores custos, e outro valor de  $V_c$  em que é possível obter uma máxima produção (DINIZ, 2003).

Para definir estes dois extremos, Diniz (2003) apresenta as seguintes equações: Equação com  $V_c$  na região de máxima produção (equação de Taylor).

$$V_{c_{mxp}} = T_{mxp} = (x - 1) \times T_{ft} \quad (2.7)$$

Em que:  $V_{c_{mxp}}$  = velocidade de corte de máxima produção;  
 $x$  = parâmetro variável em função do material da peça e do material da ferramenta;

$T_{ft}$  = tempo de troca de ferramenta.

Equação de  $V_c$  na região de mínimo custo.

$$V_{c_o} = \sqrt[3]{\frac{C_2 \times K}{60 \times (x-1) \times C_3}} \quad (2.8)$$

Em que:  $V_{c_o}$  = velocidade de corte com mínimo custo;  
 $C_2$  = custo de mão-de-obra + custo de máquina em R\$/hora;  
 $K$  = parâmetro variável em função dos materiais da peça e ferramenta;  
 $C_3$  = custo da ferramenta.

Conforme Diniz (2003), a região de trabalho descrita anteriormente onde se obtêm os menores custos de produção e o menor tempo de operação é definida como Intervalo de Máxima Eficiência (IME). A Figura 2.10 mostra o gráfico correspondente a essa abordagem.

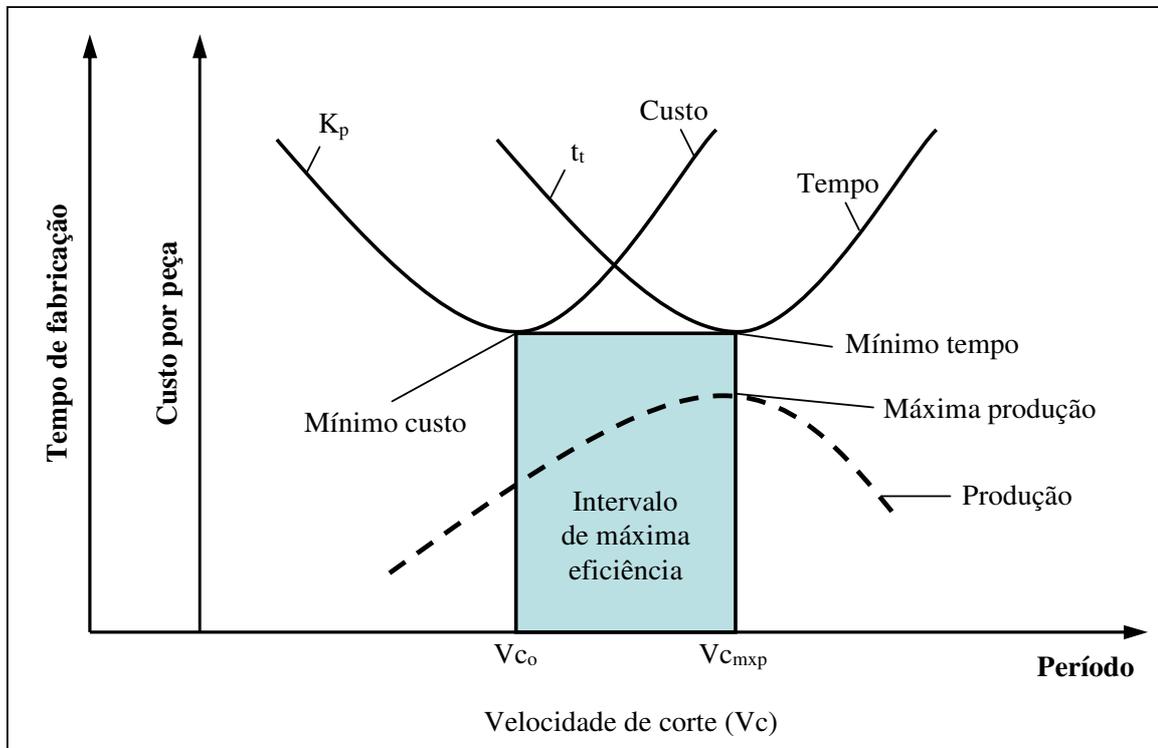
Diniz (2003) ainda faz algumas considerações sobre as circunstâncias nas quais se deve utilizar a  $V_c$ :

- Em momentos de baixa necessidade de produção, a  $V_c$  deve estar mais próxima possível da  $V_{c_o}$  (nunca ser menor que ela), pois neste momento é preciso priorizar o baixo custo de produção ao invés da alta produção;
- Nos momentos em que o prazo de entrega do produto é crítico, a  $V_c$  deve estar próxima a  $V_{c_{mxp}}$  (nunca ser maior que ela), pois neste momento o mais importante é atender o cliente.

Todavia, a alteração de  $V_c$ , em função da necessidade de produção, raramente acontece na prática, já que a definição da  $V_c$  é feita ou nas folhas de processo, e não é mais alterada, ou então definida pelo próprio operador, que não possui conhecimento necessário para executar esta alteração com base nas informações de variação de produção (DINIZ, 2003).

Os resultados da pesquisa de campo apontam que na prática, independente da necessidade de produção, a tendência é ter os dados de corte sempre próximos à máxima

produção, embora seja sabido pelos próprios entrevistados que isto gera desperdícios desnecessários com ferramentas.



Fonte: DINIZ, 2003, p.141 - adaptado

Figura 2.10 – Intervalo de máxima eficiência

## 2.6 Abordagens para a gestão de estoque de ferramentas

Além das definições do método de cálculo do estoque, vida útil e análise de capacidade, existem alguns outros aspectos relevantes citados por diversos autores quanto a gestão do estoque de ferramentas.

Dentre estes aspectos, destacam-se uma forma para disponibilizar as ferramentas à produção, um meio para a recuperação das ferramentas na forma de reafiação ou revestimento, armazenamento e reutilização, e a possibilidade de falha (quebra) das mesmas. A análise destes itens pode contribuir para garantir o correto abastecimento das ferramentas à produção sem excessos nem faltas.

No entanto, essa tarefa não é tão simples. Estabelecer o relacionamento proporcional entre a utilização de ferramentas e a demanda dos itens produzidos é um processo complexo. Quando o item a ser controlado é ferramenta de corte, esse processo pode

tornar-se ainda mais difícil. Khator & Leung (1994) indicam alguns fatores que podem dificultar esse relacionamento:

- Uso de ferramentas de tipos alternativos: normalmente uma operação pode ser realizada por diferentes máquinas, diferentes ferramentas e sobre diversas configurações de parâmetros de usinagem. A definição da vida da ferramenta para atender a um lote de peças deve estar baseada na disponibilidade da ferramenta, tempo de processamento e tempo de usinagem, custo de máquina e ferramenta, considerando ainda outros lotes que estejam sendo processados durante o ciclo de produção.
- Falhas de ferramentas: ferramentas de corte diferem de todos os outros itens controlados pelos sistemas de gestão de estoque devido a sua vida útil. A quebra de uma ferramenta pode acarretar grandes perdas nos sistemas de produção, o que tem levado as empresas a trocarem estas ferramentas prematuramente na tentativa de evitar esta falha. A melhor alternativa para este problema é buscar meios para controlar o desgaste de forma computadorizada, utilizando sinais antecipados de falha de ferramentas.
- Recuperação ou reafiação de ferramentas: dependendo da ferramenta, esta pode ter sua vida prolongada através de uma reafiação. Tal recuperação consiste da reafiação, armazenamento e reutilização da mesma. Porém, deve-se observar que existe um limite máximo de reafiações possíveis, normalmente recomendado pelos fabricantes.
- Estratégias de administração e disponibilidade de ferramentas: a forma de como as ferramentas serão disponibilizadas e administradas também pode influenciar o estoque necessário para suprir a demanda de produção. As estratégias adotadas podem ser descritas:
  1. Manter uma cópia de cada ferramenta para cada operação que utilize aquela ferramenta;
  2. Manter um volume de ferramentas que atenda certo ciclo de produção, considerando que as ferramentas serão compartilhadas entre diferentes tipos de peças;
  3. Manter algumas ferramentas fixas em locais de alta utilização.

A pesquisa de campo revelou o uso incontestável da estratégia de manter uma cópia de cada ferramenta ao lado da máquina para cada operação que utiliza aquela ferramenta. Essa estratégia aplicada na empresa laboratório é consolidada através das

narrativas que afirmam a eficiência da mesma, visto os resultados apresentados no chão-de-fábrica.

Segundo Zavanella (1996), o dimensionamento correto do estoque de ferramentas está associado a uma série de parâmetros que irão influenciar as políticas de estoque da empresa. Sem dúvida, um item importante neste contexto é a forma com que as ferramentas são disponibilizadas para a produção, entretanto, outros fatores devem ser analisados, podendo destacar: vida da ferramenta, tamanho do lote de produção e tempo de ciclo das operações.

Zavanella (1996) apresenta três propostas para administração e disponibilidade de ferramentas:

- *Kit management*: neste caso, as ferramentas são disponibilizadas na máquina segundo conjuntos pré-determinados de ferramentas, ou pacotes de ferramentas. Cada conjunto de ferramentas disponível para a máquina é suficiente para suprir as necessidades de produção de um lote completo de peças. Após a troca do lote de produção, um novo conjunto de ferramentas é disponibilizado a fim de suprir as necessidades para este novo lote de peças.
- *Pooled machining centres*: as ferramentas necessárias para a produção do lote de peças ficam estocadas em local comum (*pool*) próximo às máquinas. Quando há a necessidade de troca, a ferramenta é deslocada até a máquina para efetuar a troca. Cada “*pool*” contém em média a quantidade de ferramentas necessárias para abastecer duas ou três máquinas.
- *Machining centre tool stores*: em comparação com as propostas anteriores, esta solução assume que a quantidade de ferramentas necessárias para a produção do lote deve ser dividida por máquina, para que cada posto de trabalho obtenha sua produção de forma autônoma, sem uma dependência de fatores externos. Quando ocorrer a falta de uma ferramenta em determinada máquina, a máquina adjacente a esta, que possuir a mesma ferramenta, deve disponibilizar esta ferramenta para que a produção não seja afetada.

A Tabela 2.2 apresenta uma comparação entre os métodos expostos anteriormente.

Zavanella (1996) ainda conclui sobre os métodos apresentados. A comparação final entre as três propostas aponta os métodos *pool* e *stores* sendo mais eficazes, porém, para a escolha entre um e outro, devem ser avaliados tanto parâmetros técnicos quanto econômicos quando estes forem aplicados na prática. Utilizar a estratégia *kit management* inicialmente

pode parecer mais interessante por não apresentar custos iniciais com investimento para o controle das ferramentas, contudo, ao longo do tempo, essa estratégia pode gerar altos custos com estoques elevados.

Tabela 2.2 – Comparação *Kit* x *Pool* x *Stores*

Fonte: ZAVANELLA, 1996, p.572

<b>Item</b>	<b><i>Kit management</i></b>	<b><i>Pool management</i></b>	<b><i>Stores management</i></b>
<b>Custo físico de implantação</b>	Baixo	Médio – alto	Alto
<b>Sistema de controle</b>	Fácil	Razoavelmente complexo	Complexo
<b>Número de ferramentas necessárias</b>	Alto	Baixo	Médio – baixo
<b>Atraso na produção para identificação da ferramenta</b>	Alto	Baixo	Médio – baixo
<b>Outros parâmetros de influência</b>	Tamanho do lote de produção, tempo de montagem e transporte do conjunto	Tempo de controle	Tempo de controle e tempo de requisição em máquinas adjacentes.

Em contrapartida, Zavarella (1996) enfatiza que utilizar os métodos *pool* ou *stores* incide em custos iniciais com sistemas de gerenciamento automatizados, uma vez que os controles mais rigorosos das ferramentas para estes métodos tornam-se necessários.

## 2.7 Classificação ABC de ferramentas de corte

Em qualquer estoque que contenha mais de um item diferente, um destes itens é mais importante para a produção que outros (SLACK et al, 2002).

Uma forma de realizar a classificação destes itens do mais para o menos importante é chamada de classificação ABC.

O modelo clássico de uma classificação ABC consiste na separação dos itens de estoque em três grupos de acordo com o valor de demanda anual, em se tratando de produtos acabados, ou valor de consumo anual quando se tratarem de produtos em processo ou matérias-primas e insumos. O valor de consumo anual ou valor de demanda anual é

determinado multiplicando-se o preço ou custo unitário de cada item pelo seu consumo ou sua demanda anual.

Desta forma, como resultado de uma típica classificação ABC, os itens são divididos em três classes, como segue (SLACK et al, 2002):

- Classe A : Itens que possuem alto valor de demanda ou consumo anual.
- Classe B : Itens que possuem um valor de demanda ou consumo anual intermediário.
- Classe C : Itens que possuem um valor de demanda ou consumo anual baixo.

Não existe um consenso sobre o ponto de divisão dos grupos. Estes valores devem ser definidos conforme critérios de bom senso e conveniência. Em geral 20% dos itens são classificados como classe A, representando até 80% do valor/custo total em estoque, os itens classe B representam 30% dos itens e até 30% do valor/custo em estoque, e finalmente a classe C, que representa 50% dos itens e até 10% do valor/custo estocado. Dependendo da literatura escolhida, esses valores podem se apresentar das mais diversas formas (SOLANO, 2003).

Martil (2002, apud SOLANO, 2003, p.28) afirma que a concentração da classificação ABC pode ser definida segundo o comportamento das suas variáveis em:

- a) nenhuma concentração: quando ela toma a forma de uma reta porque todos os itens têm valor idêntico e obviamente a mesma participação percentual do custo global dos itens;
- b) forte concentração: quando aproximadamente 5% dos itens concentram cerca de 80% do custo global dos itens;
- c) média concentração: quando aproximadamente 10% dos itens concentram cerca de 50% do custo global dos itens;
- d) fraca concentração: quando aproximadamente 25% dos itens concentram cerca de 40% do custo global dos itens.

Segundo Herrera (2005), o modelo clássico para elaborar a classificação ABC é tido como monocritério, pois fundamenta-se num único critério valor/custo. O mesmo autor propõe um modelo mais completo, ou multicritério, que utilize outros critérios também importantes para o processo, ou que sejam relevantes na escolha pelo controle de estoque de um item ao invés de outro.

Geralmente critérios importantes como tempo de entrega, obsolescência, volume físico não são considerados nos modelos, por isso se faz necessário um método que incorpore mais informações para esta classificação.

Herrera (2005) diz que o modelo multicritério permite utilizar critérios de classificação qualitativos e quantitativos, e se necessário critérios subjetivos. A metodologia proposta consiste dos seguintes passos:

- Levantamento de dados: esta fase consiste no levantamento das informações mais importantes referentes a cada item, como, por exemplo: preço, custo, demanda, obsolescência, tempo de entrega, criticidade, periculosidade, etc.;
- Identificação dos critérios: nesta fase do processo cabe ao analista identificar quais são os critérios mais importantes para a classificação dos itens;
- Atribuição dos pesos aos critérios: esta etapa deve ser realizada por especialistas a fim de obter maior coerência no momento de avaliar a importância de cada critério;
- Determinação do número de categorias e parâmetros: é fundamental determinar o número ideal de classes com as quais serão trabalhadas. Isto inclui estabelecer os parâmetros com que normalmente trabalha-se com o método multicritério;
- Classificação dos itens: obtidas todas as informações relevantes, se realiza o cálculo das classificações, mediante o algoritmo da classificação multicritério desejada.

Este método propõe uma classificação multicritério que utiliza critérios qualitativos ou quantitativos, diferenciada do enfoque tradicional da classificação ABC monocritério.

A grande vantagem da classificação multicritério em relação ao método tradicional deve-se ao fato de especialistas estarem definindo critérios tão importantes quanto valor/custo dos itens para a análise do estoque dos mesmos (HERRERA, 2005).

## **2.8 Considerações**

A literatura existente apresenta pouco ou quase nada diretamente relacionado a gestão de ferramentas de corte. Alguns autores como Plute (1998), Boogert (1994), Tani (1997) e Favaretto (2005) descrevem modelos de gerenciamento de ferramentas de forma ampla, referindo-se poucas vezes ao dimensionamento do estoque.

Por outro lado, existem muitos métodos para a gestão de estoque. Diante das necessidades deste trabalho, foram identificados os métodos que possivelmente podem ser utilizados para a gestão de ferramentas, estes foram analisados e, por fim, optou-se pelo sistema LEC, em razão de apresentar as características mais próximas às necessidades do estudo.

Baseando-se na falta de literatura específica para realizar a gestão de estoque de ferramentas de corte e orientado pelo sistema LEC, busca-se elaborar um modelo para o gerenciamento destas ferramentas, voltado especialmente para empresas fornecedoras de

auto-peças, visto que a simples aplicação de um modelo padrão pode gerar distorções nas quantidades dos estoques, gerando, por fim, mais problemas que soluções.

O modelo proposto, além de utilizar técnicas já exploradas por outros autores, como o uso do LEC, procura desenvolver outras técnicas exclusivas, adequadas ao tratamento das ferramentas de usinagem, permitindo que os modelos existentes passem a possuir algumas características que possibilitem seu uso para ferramentas de corte.

## **2.9 Fundamentação teórica para a realização da pesquisa de campo qualitativa**

### **2.9.1 Definições**

A pesquisa, no seu aspecto mais amplo, possui inúmeros conceitos. Uma definição significativa consistente, apresentada por Ander-Egg (1978 apud MARCONI, 1999, p.15), é a seguinte: “Pesquisa é um procedimento reflexivo sistemático, controlado e crítico, que permite descobrir novos fatos ou dados, relações ou leis, em qualquer campo do conhecimento”.

Na sua forma mais elementar, o método de pesquisa pode ser dividido em qualitativo e quantitativo. Segundo Bauer (2002), a pesquisa quantitativa lida com números e usa modelos estatísticos para explicar os dados obtidos. A pesquisa qualitativa evita números, lida com interpretações das realidades sociais.

Para Minayo (1994), a pesquisa qualitativa responde questões muito particulares. Ela se preocupa com um nível de realidade que não pode ser quantitativo. Ou seja, ela trabalha com o universo de significados, motivos, crenças, aspirações, valores e atitudes. Um espaço mais profundo que não pode ser reduzido à operacionalização de variáveis.

### **2.9.2 Considerações relevantes sobre a metodologia de pesquisa qualitativa**

O trabalho de pesquisa ocorre de forma cíclica, uma vez que se inicia com um problema ou uma pergunta e termina com um produto provisório capaz de dar origem a novas interrogações (MINAYO, 2000).

Segundo Marconi (1999), um projeto de pesquisa compreende seis passos:

1. seleção do tópico ou problema para a investigação;
2. definição e diferenciação do problema;
3. levantamento de hipóteses de trabalho;
4. coleta, sistematização e classificação dos dados;

5. análise e interpretação dos dados;
6. relatório do resultado da pesquisa.

### 2.9.3 Tipos de pesquisa

Os critérios para a classificação dos tipos de pesquisa variam de acordo com o enfoque dado pelo autor. A divisão obedece a interesses, condições, campos, metodologia, situações, objetivos, objetos de estudo, etc. (MARCONI, 1999). No entanto, a pesquisa pode ser enquadrada em duas classes principais. Conforme Gil (1999), podem ser definidos dois grandes grupos de delineamentos: aqueles que se valem das chamadas fontes de “papel” e aqueles cujos dados são fornecidos por pessoas. No primeiro grupo, dentre os principais métodos de pesquisa, podemos citar a pesquisa bibliográfica e a pesquisa documental. No segundo estão a pesquisa experimental, o levantamento, o estudo de campo e o estudo de caso.

- Pesquisa bibliográfica: para Gil (1999), a pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído, principalmente de livros e artigos técnicos ou científicos. A principal vantagem da pesquisa bibliográfica é permitir ao pesquisador a cobertura de uma ampla gama de fenômenos se comparado com aquela que poderia pesquisar diretamente. Essa vantagem se torna particularmente importante quando o problema requer uma pesquisa de dados muito dispersos pelo espaço.
- Pesquisa documental: a pesquisa documental assemelha-se muito à pesquisa bibliográfica. A única diferença entre ambas está na natureza das fontes. Enquanto a pesquisa bibliográfica utiliza fundamentalmente contribuições dos diversos autores sobre determinado assunto (fontes secundárias), a pesquisa documental vale-se de materiais que não receberam nenhum tratamento analítico (fontes primárias), ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com o objetivo da pesquisa (GIL, 1999).
- Pesquisa experimental

[...] De modo geral, o experimento representa o melhor exemplo de pesquisa. Essencialmente, o delineamento experimental consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto (GIL, 1999, p.66).

Para Richardson (1999), em termos gerais, um experimento é uma ou várias atividades levadas a cabo em condições muito específicas. O experimento é uma manipulação intencional.

- Pesquisa de levantamento (*Surveys*): as pesquisas deste tipo se caracterizam pela interrogação direta de pessoas cujo comportamento se deseja conhecer. Basicamente procede-se à solicitação de informações a um significativo grupo de pessoas acerca de um mesmo problema, para, em seguida, mediante análise quantitativa, obter as conclusões correspondentes aos dados pesquisados (GIL, 1999).

Segundo Polit & Hungler (1995), os *surveys* permitem a obtenção de informações quanto à prevalência, distribuição e inter-relação de variáveis no âmbito de uma população. As informações obtidas a partir de uma amostra de pessoas de uma população referem-se às ações, conhecimentos, intenções, opiniões, atitudes e valores dos indivíduos. O levantamento como método de pesquisa se caracteriza pela flexibilidade e amplitude, e é mais adequado a uma análise extensiva do que intensiva.

- Estudo de campo: de acordo com Marconi (1999), pesquisa ou estudo de campo é aquela utilizada com o objetivo de conseguir informação e/ou conhecimentos acerca de um problema para o qual se procura uma resposta, ou de uma hipótese que se queira comparar, ou ainda, descobrir novos fenômenos ou as relações existentes entre os mesmos.

Para Gil (1999), a pesquisa de campo e o levantamento se distinguem em dois aspectos. Primeiramente, os levantamentos procuram ser representativos de um universo definido e fornecer resultados caracterizados pela precisão estatística. Os estudos de campo procuram muito mais o aprofundamento das questões propostas do que a distribuição das características da população segundo determinadas variáveis.

- Estudo de caso: de acordo com Yin (1981 apud GIL, 1999), o estudo de caso é um estudo empírico que investiga um fenômeno atual dentro de seu contexto da realidade, quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidas e no qual são utilizadas várias fontes de evidência.

Gil (1999) afirma que o estudo de caso é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado, tarefa praticamente impossível mediante outros tipos de delineamento de pesquisa considerados.

#### 2.9.4 Amostragem

De modo geral, é praticamente impossível obter informações de todos os elementos que fazem parte do grupo que se deseja estudar, seja porque o número de elementos é demasiadamente grande, os custos são muito elevados, ou ainda porque o tempo

pode atuar como agente de distorção (a informação pode variar se transcorrer muito tempo entre o primeiro elemento e o último).

Existem diversos critérios de classificação de amostras, mas, em geral, dividem-se em dois grandes grupos: amostras probabilísticas e não-probabilísticas (RICHARDSON, 1999; MARCONI, 1999; GIL, 1999).

- Amostras probabilísticas: em princípio, todos os sujeitos têm a mesma probabilidade de serem escolhidos (RICHARDSON, 1999). Para cumprir esse princípio, é necessário possuir uma lista completa dos elementos que fazem parte da população, de tal maneira que por meio de um método apropriado se possam selecionar ao acaso aqueles elementos que constituirão a amostra. Os métodos para definição dos elementos que serão efetivamente pesquisados podem ir de um simples sorteio até as tabelas de números aleatórios (RICHARDSON, 1999).
- Amostras não-probabilísticas: para Richardson (1999), nas amostras em pesquisas não probabilísticas, os sujeitos são escolhidos por determinados critérios. São várias as formas de classificação dos tipos de amostragem. Gil (1999) resalta os seguintes tipos de amostragem não-probabilística como os mais conhecidos: 1) Amostragem por acessibilidade ou por conveniência: este tipo de amostragem aplica-se em estudos exploratórios ou qualitativos, em que não é requerido elevado nível de precisão. Por este fato, constitui-se de todos os tipos de amostragem, o menos rigoroso, e desta maneira, é destituída de qualquer rigor estatístico; 2) Amostragem por tipicidade ou intencional: este é o tipo mais comum de amostra não-probabilística. O pesquisador está interessado na opinião (ação, intenção, etc.) de determinados elementos da população pesquisada, mas não necessariamente representativos dela; 3) Amostragem por cotas: a técnica não-probabilística mais utilizada em levantamentos de mercado – prévias eleitorais e sondagem de opinião pública – é a de cotas (MARCONI, 1999).

Morse (1991) destaca as virtudes de um bom informante:

- Conhecimento sobre o assunto;
- Experiência vivenciada na área de estudo;
- Habilidade de relatar detalhadamente os assuntos do fenômeno em estudo;
- Disposição e tolerância para relatar situações e responder às perguntas;
- Disposição e competência para criticar a pesquisa.

### 2.9.5 Entrada no campo de pesquisa

A entrada ou acesso ao campo de pesquisa é precedido de dois pontos fundamentais. Primeiro, a negociação com os usuários da pesquisa sobre a natureza e a condução da pesquisa, e segundo, o procedimento físico para a coleta dos dados. A partir destes esclarecimentos, são estabelecidas as regras e as condições que orientam o pesquisador e as pessoas que serão entrevistadas e/ou observadas (MINAYO et al 1994).

Alguns outros aspectos importantes sobre a entrada no campo de pesquisa são sugeridos por Minayo et al (1994). Em primeiro lugar, deve-se buscar uma aproximação com as pessoas da área selecionada para o estudo. De preferência deve ser uma aproximação gradual. É necessária uma relação de respeito efetivo pelas pessoas e pelas suas manifestações no interior da comunidade pesquisada. Em segundo lugar, é primordial a apresentação da proposta de estudo aos informantes. Os mesmos devem estar cientes sobre aquilo que se pretende investigar e as possíveis repercussões favoráveis advindas do processo investigatório, bem como afirmar aos envolvidos o caráter não obrigatório do diálogo.

### 2.9.6 Coleta de dados

Segundo Marconi (1999), a coleta de dados é a etapa em que se inicia a aplicação dos instrumentos elaborados e das técnicas selecionadas para a execução da pesquisa, a fim de se efetuar a coleta dos dados previstos.

Conforme Mann (1979), a coleta de dados pode ser uma etapa onerosa para o pesquisador inexperiente, por isso as idéias devem estar claras e adequadas ao programa de pesquisa. Os dados devem ser coletados por serem relevantes, não apenas por serem interessantes. Se o critério de relevância for obedecido, o pesquisador saberá por que está colhendo estes dados enquanto sabe o que fará com os mesmos. Isso quer dizer que o trabalho de pesquisa deve ser preparado, e quanto mais planejamento for feito previamente, tanto menos desperdício de tempo haverá e mais fácil será a etapa seguinte do processo, que é a análise dos dados coletados.

Para Rauen (2002), os instrumentos de coleta de dados têm duas funções básicas: permitir a averiguação da presença ou ausência de um fenômeno e capacitar a quantificação e/ou qualificação dos fenômenos presentes. “Um instrumento de coleta deve ser capaz de nos fornecer uma mensuração da validade” (RAUEN, 2002).

Gil (2002) cita, à guisa de exemplo, gravadores de som, filmadoras e câmeras de vídeo, como aparelhos usualmente aplicados para a captura das informações.

Conforme levantamento bibliográfico realizado, são mencionadas três técnicas para a coleta de dados mais usualmente aplicados em pesquisa qualitativa: entrevista oral, entrevista escrita (questionário) e observação, porém, devido ao foco do trabalho, serão apresentados os métodos de entrevista oral e observação.

- Entrevista oral: é o procedimento mais comum para a coleta de dados em pesquisa qualitativa, podendo ser considerada como elemento central em suas atividades (GIL, 1999; MINAYO, 2000).

[...] entrevista é bastante adequada para a obtenção de informações acerca do que as pessoas sabem, crêem, esperam, sentem ou desejam, pretendem fazer, fazem ou fizeram, bem como, acerca das suas explicações ou razões a respeito das coisas precedentes (SELLTIZ et al, 1967 apud GIL, 1999, p.117).

As técnicas de entrevistas são classificadas de duas formas: entrevistas estruturadas e entrevistas não-estruturadas.

Entrevista estruturada ou padronizada, segundo Richardson (1999), é aquela em que o entrevistador segue um roteiro pré-estabelecido.

Marconi (1999) atenta que o motivo da padronização é obter as diferenças entre os informantes e não diferenças nas perguntas. O pesquisador não é livre para adaptar suas perguntas a determinadas situações, nem de alterar a ordem das perguntas ou fazer outros questionamentos.

Entrevista não-estruturada, informal ou entrevista em profundidade, para Rauen (2002), é realizada através de uma conversação amigável, na busca por dados que possam ser utilizados em análise qualitativa, selecionando-se os pontos mais relevantes do problema de pesquisa.

Richardson (1999) afirma que o ajuste da entrevista normalmente se faz necessário; a forma de levar à risca a entrevista dependerá do tipo de informação necessária em função do problema a ser pesquisado. À medida que uma entrevista não-estruturada ocorre, pode-se evoluir a uma pesquisa com formas mais estruturadas na proporção que os tópicos mais importantes vão surgindo.

Na opinião de Rauen (2002), alguns cuidados são necessários, tais como a repetição de perguntas não compreendidas, o seqüenciamento correto das questões, e a previsão do tempo adequado para a formulação das respostas.

O ideal é que a entrevista seja gravada, se o informante concordar com isso. A anotação posterior possui dois inconvenientes: falha de memória e/ou distorção do fato,

quando não se anotam todos os fatos. O uso do gravador, entretanto, não elimina a necessidade de anotações, basicamente por dois motivos: as anotações podem ajudar na formulação de novas perguntas; as anotações ajudam a análise e a localização de citações na gravação realizada (MARCONI, 1999).

Se possível, as anotações devem ser realizadas no momento da entrevista ou logo após a mesma, para maior fidelidade e veracidade das informações (MARCONI, 1999).

Tanto por razões éticas quanto técnica, a entrevista deve terminar num clima de cordialidade, como, de modo geral, o entrevistado não recebe nenhum tipo de vantagem, convém tratá-lo de maneira respeitável, sobretudo no encerramento da entrevista, possibilitando uma “porta aberta” caso haja necessidade de novas entrevistas (GIL, 1999).

- Método da observação: são muitas as definições sobre o método da observação, uma significadamente consistente é apresentada por Triviños (1987, p.153):

“Observar”, naturalmente, não é simplesmente olhar. Observar é destacar de um conjunto (objetos, pessoas, animais etc.) algo especificamente, prestando atenção em suas características (cor, tamanho etc.). Observar um “fenômeno social” significa, em primeiro lugar, que determinado evento social, simples ou complexo, tenha sido abstratamente separado de seu contexto para que, em sua dimensão singular, seja estudado em seus atos, atividades, significados, relações etc. Individualizam-se ou agrupam-se os fenômenos dentro duma realidade que é indivisível, essencialmente para descobrir seus aspectos aparentiais e mais profundos, até captar, se for possível, sua essência numa perspectiva específica e ampla, ao mesmo tempo, de contradições, dinamismos, de relações etc.

A observação varia entre a mais e a menos estruturada, passando por diversas intermediações entre as duas. Somente é possível desenvolver uma observação estruturada quando se tem algum conhecimento do problema, pois só assim será possível estabelecer categorias em função das quais se deseja estudar (RAUEN, 1999).

Conforme o grau de participação do pesquisador frente à observação, esta pode ser classificada de quatro maneiras (MARCONI, 1999; RAUEN, 1999):

- participante: observador se incorpora ao grupo, porém aos integrantes do grupo este nada mais é do que um dos seus membros;
- participante como observador: implica na identificação perante o grupo da função do investigador;
- observador como participante: intensifica a sua função de observador participando do grupo em análise;
- observador: este não participa das atividades do grupo, apenas capta momentos.

Triviños (1987) assinala que o registro das informações através das anotações de campo representa um processo complexo, não exclusivamente pela importância que neste tipo de investigação o sujeito e o investigador adquirem, mas também, pelas dimensões explicativas que os dados podem exigir.

Sobre os aspectos das anotações de campo, estas consistem fundamentalmente na transcrição por escrito de todas as manifestações (verbais, ações, atitudes, etc.) que o pesquisador observa, de forma exata e simples, fazendo-se quando necessário o uso de desenhos para descrever o meio físico, ou gravação de voz quando considerar um diálogo importante para a investigação (TRIVIÑOS, 1987).

### 2.9.7 Validade e confiabilidade

Em geral, um investigador não conhece a validade e confiabilidade de seus dados, podendo surgir, desta forma, muitas dúvidas acerca dos resultados obtidos e das conclusões extraídas. Sabe-se que todos os dados coletados por meio de instrumentos que se elaboram para medir fenômenos psicológicos, educativos e outros, contêm erros. Esses erros podem ocorrer por vários fatores, por exemplo, cansaço temporal do sujeito, problemas durante a aplicação de um teste ou instrumento, dentre outros (RICHADSON, 1999).

Constata-se, desta maneira, que é muito fácil ocorrer erros. Conseqüentemente, torna-se relevante o uso de metodologias para o teste de validade dos dados. A seguir, os métodos usuais de validade são descritos de forma sucinta (PATTON, 1986):

- explicações diferentes: consistem na busca de informações que suportam explicações alternativas;
- casos antagônicos: consistem no confronto de casos ou exemplos que não se ajustam ao modelo, caracterizando-se por fazer com que os usuários da pesquisa identifiquem possíveis impertinências nos resultados;
- triangulação: existem dois métodos básicos: (1) através da verificação da consistência dos dados a partir de diferentes fontes utilizando o mesmo método, e (2) pela comprovação utilizando diferentes métodos de coleta de dados. Um outro procedimento consiste em comparar informações de pesquisadores/observadores diversos e de informantes diferentes sobre o mesmo fenômeno;
- validação pragmática corrente: parte do princípio de que são estabelecidos padrões ou regras de comparação entre informações obtidas simultaneamente, através de diferentes fontes e/ou diferentes métodos, sobre o mesmo tema de pesquisa;

- painel de peritos: consiste num grupo de pessoas selecionadas com base no conhecimento do fenômeno em estudo com o objetivo de evitar erros de análise ou amostragem, e também validar o conteúdo das informações coletadas.

A fim de se verificar a confiabilidade dos dados, Richardson (1999) propõe os seguintes métodos:

- teste-reteste ou reaplicação: consiste na verificação da invariância das observações de um mesmo evento ou na similaridade e coerência das respostas quando aplicado duas vezes a um grupo de sujeitos;
- formas alternativas ou equivalentes: baseia-se na correlação dos dados obtidos em duas formas diferentes do mesmo teste, questionário ou entrevista. A aplicação de ambas as formas de pesquisa está distanciada no tempo;
- bipartição: o teste de bipartição ou estimação da confiabilidade refere-se à correlação dos dados entre a primeira e a segunda metade de um teste. As respostas obtidas em determinados itens podem ser influenciadas por fatores, tais como: atenção e interesse.

Segundo Patton (1986), um aspecto importante da pesquisa relaciona-se com o grau de confiança do pesquisador. No caso de um único pesquisador, é necessário adotar um dos procedimentos a seguir:

- apoio do informante: com a presença de um informante, o pesquisador faz suas anotações, e, à medida que surgem dúvidas, esclarece com o informante. Esse procedimento é mais adequado para pesquisa observacional;
- painel de peritos: utilizado para evitar que alguma tendência do pesquisador, durante a coleta das informações, influencie o resultado da pesquisa. Para isso, um conjunto de especialistas avalia os dados coletados para análise posterior, tendo o cuidado de inteirar-se das regras estipuladas para tal análise.

Enfim, as ações do pesquisador podem interferir na coleta dos dados, seja por sua predisposição a distorcer os dados ou por incompetência. Caso algumas destas situações se potencialize, cabe adotar o procedimento mais adequado dentre os apresentados acima.

#### 2.9.8 Análise dos dados

A partir dos dados coletados, o pesquisador deve estabelecer uma organização para que os mesmos possam ser interpretados e as conclusões possam ser obtidas. “Esta organização pressupõe a classificação, a codificação, a tabulação e a análise propriamente dita” (RAUEN, 1999, p.120).

A análise qualitativa é um processo criativo, laborioso, de rigor intelectual, exigindo do pesquisador grande dedicação. Contudo, devido a níveis diferenciados de criatividade, não existe uma metodologia para a análise (Patton, 1986).

Para Minayo (2000), a análise do material possui três finalidades: (1) insere-se no contexto de descoberta das pesquisas. Propõe-se uma atitude de busca a partir do material coletado; (2) a segunda parte do que se chama “administração de provas”. Parte de idéias supostas e provisórias, informa-as ou as confirma e levanta outras; (3) ampliar a compreensão dos contextos com significações que ultrapassam o nível espontâneo das mensagens.

De acordo com Minayo (2000), pesquisadores costumam encontrar três grandes obstáculos quando partem para a análise dos dados capturados em campo:

- ilusão da compreensão espontânea como se o real fosse óbvio;
- o envolvimento do pesquisador com o método de pesquisa a ponto de esquecer do essencial, que são os significados inerentes aos dados;
- dificuldade do pesquisador em juntar teorias e conceitos muito abstratos com os dados recolhidos na própria pesquisa. Isto implica nos trabalhos cuja elaboração teórica distancia-se e muito das realidades observadas.

Sobretudo, dentro dessa visão, fica evidenciada a importância da organização dos dados para uma análise, através da classificação, codificação e tabulação dos dados.

### 2.9.9 Classificação dos dados

Classificar ou estabelecer categorias é a primeira etapa a ser realizada num processo de análise de dados. “Classificar é dividir um todo em partes, de forma que se obtenha uma ordem entre as partes e que cada elemento fique em seu devido lugar” (RAUEN, 2002).

Com o intuito de se obter uma classificação eficaz e eficiente, o pesquisador deve levar em conta (RAUEN, 2002):

- utilizar um critério único;
- buscar a observação dos dados em sua totalidade;
- elaborar classes excludentes, de modo que um elemento não possa estar, ora numa classe, ora noutra;
- não elaborar classes minuciosas demais para não perder a noção do todo;
- elaborar classes que se adequem ao problema de pesquisa;
- elaborar classes que permitam interligações.

É necessário que o número de classes seja exaustivo, ou seja, elas devem conter todas as respostas. Não se deve, porém, estabelecer um número muito grande de classes, pois isso dificultará a análise dos dados. É conveniente então incluir uma categoria residual para eliminar categorias com poucos elementos (RAUEN, 2002).

#### 2.9.10 Codificação dos dados

É o processo pelo qual se estabelecem símbolos específicos para cada classe ou categoria. A finalidade deste trabalho é sintetizar os dados de forma que a compreensão seja facilitada, otimizando a interpretação dos mesmos (RAUEN, 2002).

A codificação pode ser realizada antes ou após a coleta dos dados. A pré-codificação ocorre normalmente em questionários com perguntas fechadas, cujas alternativas estão ligadas a códigos impressos no próprio questionário. Também podem ocorrer em técnicas de observação estruturada, em que os códigos já aparecem nas folhas de registro (GIL, 1999).

#### 2.9.11 Tabulação dos dados

O processo de tabulação se constitui na contagem dos elementos que formam cada classe (RAUEN, 2002). Pode haver tabulação simples ou cruzada. A tabulação simples consiste na simples contagem das frequências em cada classe. A cruzada, por sua vez, consiste na contagem das frequências que ocorrem juntamente em duas classes distintas, como, por exemplo: pessoas do sexo masculino e idade entre 21 e 30 anos (GIL, 1999).

#### 2.9.12 Análise de conteúdo

Para representar o tratamento dos dados em uma pesquisa, a expressão mais comumente usada é a análise de conteúdo (MINAYO, 2000).

Berelson (1952 apud MINAYO, 2000, p.200) define análise de conteúdo: “É uma técnica de pesquisa para descrição objetiva, sistemática e quantitativa do conteúdo manifesto das comunicações e tendo por fim interpretá-los”.

A análise de conteúdo é particularmente usada para entender um material qualitativo, e por sua natureza a análise deve ser eficaz, rigorosa e precisa. Trata-se de compreender melhor uma idéia, aprofundar em suas características e extrair os momentos mais importantes. Portanto, baseia-se na elucidação dos fatos para as descobertas do pesquisador (RICHARDSON, 1999).

Patton (1986) sugere que a análise de conteúdo seja realizada de maneira sistemática, iniciando pela organização dos tópicos na forma de um índice, passando pela fase de classificação dos dados, análise dos mesmos mediante auxílio dos informantes, caso seja necessário, para então elaborar o relatório final.

#### 2.9.13 Apresentação dos resultados

O relatório de pesquisa deve conter as informações necessárias para esclarecer a respeito do problema pesquisado e dos resultados. Deve, ainda, indicar os procedimentos utilizados para a coleta e análise dos dados, bem como relatar acerca dos informantes consultados (GIL, 1999).

Os componentes básicos de um relatório de pesquisa, segundo Merriam (1998 apud RAUEN, 2002), são:

- introdução: apresentam-se o problema pesquisado, o propósito do estudo e as perguntas de pesquisa;
- metodologia: incluem as discussões de como os informantes foram selecionados, como os dados foram coletados e analisados, além das medidas de validade e confiabilidade adotadas;
- achados: em suma, é o resultado da pesquisa, isto é, tudo que o pesquisador aprendeu e veio a entender sobre o problema em questão;
- discussão: neste item os dados são discutidos. Descrevem-se os procedimentos do trabalho, as comparações com o que já é conhecido, qual a conclusão que se chegou e no que o processo de pesquisa contribuiu ao conhecimento da área estudada.

Enfim, o relatório deve apresentar algumas qualidades no que se refere ao estilo. As mais importantes são: impessoalidade, objetividade, clareza, precisão e concisão. Espera-se também que o relatório apresente um estilo agradável do ponto de vista literário, isto, entretanto, representa um acréscimo, já que o pesquisador não tem obrigação de ser elegante a ponto de despertar a admiração do leitor, embora nada justifique um estilo obscuro ou complexo caracterizado por frases longas, termos imprecisos e subjetivos (RAUEN, 2002).

#### 2.9.14 Breve parecer sobre a revisão dos fundamentos da pesquisa qualitativa

A revisão antes descrita apresenta uma síntese da literatura que trata, direta ou indiretamente, de pesquisa qualitativa, já que a bibliografia existente é muito ampla e extensa.

Como via de regra, este método de pesquisa é direcionado às Ciências Sociais e Ciências da Saúde. Quando se trata de Ciências Exatas, a literatura volta-se ao aspecto quantitativo, que na sua essência trata de números através de métodos estatísticos.

Assim, quando se busca coletar experiências e opiniões de pessoas no campo da engenharia, torna-se necessário recorrer à técnica de pesquisa qualitativa.

Dentro deste contexto, foi desenvolvida a revisão bibliográfica presente, com o objetivo principal de realizar um estudo acerca das pessoas envolvidas com a problemática do trabalho na empresa laboratório, coletando suas opiniões, experiências, conhecendo seus procedimentos e problemas.

A partir desta revisão bibliográfica e dos objetivos deste trabalho, é desenvolvido o respectivo projeto de pesquisa, descrito a seguir.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Metodologia para a realização da pesquisa de campo qualitativa

##### 3.1.1 Seleção do método de pesquisa

Tendo em vista o objetivo da pesquisa: coletar experiências e opiniões de pessoas e entender as práticas usadas no campo de pesquisa sob os aspectos principais de gestão e dimensionamento, estoque e movimentação de ferramentas, decide-se pelo método da pesquisa qualitativa. No caso particular desta, o presente trabalho consiste numa pesquisa do tipo levantamento (*Survey*), caracterizando-se pela interrogação direta das pessoas, embora apresente características de um estudo de campo, evoluindo para um estudo de caso quando exhibe características de detalhamento e amplitude das informações quanto à problemática abordada.

##### 3.1.2 Método de amostragem

O método de amostragem adotado para a seleção dos informantes segue a classificação de amostras não-probabilísticas, do tipo intencional, em que o pesquisador está interessado na opinião de determinados elementos da população. Diante desse contexto, foram selecionados seis informantes. As características adotadas para a seleção dos informantes são as seguintes:

- experiência na área de ferramentas de corte, principalmente no que tange a gestão estoque e movimentação das mesmas;
- conhecimento sobre os aspectos relevantes à problemática da pesquisa;
- disposição, interesse e capacidade de fazer descrições e narrativas claras e completas.

Este tipo de amostra torna-se adequado, pois o pesquisador é profissional da empresa, com isso, capaz de selecionar previamente os melhores informantes.

##### 3.1.3 Acesso ao campo de pesquisa

Esta fase da pesquisa teve como finalidades: definição do local de estudo; apresentação do pesquisador e da proposta do estudo; e autorização para desenvolver o trabalho.

O item primeiro, nesse contexto, foi o pedido formal à gerência da empresa solicitando autorização para a realização da pesquisa, seguido da definição do local onde se

realizou a pesquisa e, finalmente, numa etapa única, apresentação do pesquisador aos informantes e apresentação prévia da proposta do estudo.

Esta última etapa foi responsável pelo planejamento da pesquisa: definição das datas, procedimentos, regras, assim como o compromisso quanto ao sigilo das informações e informantes, método de escolha dos informantes, e outros aspectos necessários e oportunos quanto ao cumprimento da metodologia para o tipo de pesquisa em questão.

O fato do pesquisador possuir livre acesso ao local e aos informantes, devido a sua condição de profissional da empresa, facilitou o acesso ao campo, diminuiu possíveis desconfianças ou inibições dos informantes que viessem a dificultar a realização adequada da pesquisa.

Esse mesmo fato também pode gerar viés no que se refere à coleta e análise dos dados, com pré-conceitos do próprio investigador. Diante dessa possibilidade, torna-se necessário redobrar os procedimentos de autocritica e auto-avaliação quanto a inferências pessoais na aplicação das técnicas de pesquisa adotadas.

#### 3.1.4 Procedimentos para a coleta dos dados

O procedimento utilizado para a coleta dos dados foi o método de entrevista oral estruturada ou padronizada, no qual o pesquisador segue um roteiro pré-estabelecido.

Como instrumento de coleta de dados foi utilizado um plano de entrevista com perguntas abertas, sendo as respostas arquivadas através de gravação de voz em fita. Em momentos oportunos da entrevista, o pesquisador buscou fazer anotações que pudessem facilitar a posterior análise dos dados.

Logo após as entrevistas, foram realizadas visitas à área produtiva da fábrica, sendo adotado o método de observação não-estruturada, objetivando captar os acontecimentos e procedimentos adotados, classificando o pesquisador frente ao grau de participação, como pesquisador observador.

Os dados das observações foram anotados à mão em prancheta durante as visitas. Imediatamente após as mesmas, sempre que julgadas adequadas, foram feitas anotações complementares que ligassem as respostas obtidas via entrevista oral e os fatos observados durante as visitas.

#### 3.1.5 Procedimento para as entrevistas

De acordo com o objetivo da pesquisa em torno de uma problemática já conhecida pelo pesquisador, associada à importância das comparações de respostas para as mesmas

perguntas para efeito de validação da pesquisa, a forma de abordagem mais adequada para esta pesquisa é realizada de forma estruturada, apresentada como entrevista oral.

Quanto aos tipos de perguntas elaboradas, predominam as questões sobre experiências e comportamentos, entretanto, foram abordadas algumas questões sobre opiniões e valores. A lista com o plano de perguntas para a aplicação do formulário encontra-se no Apêndice A.

Sempre que oportuno, o pesquisador buscou fazer alguns comentários e observações com o objetivo de direcionar o informante ao foco principal da pesquisa, ou então aprofundar algum tema mais importante. Essas observações foram realizadas de forma que não levassem os informantes a dar respostas forçadas ou induzidas, mantendo o caráter de impessoalidade da pesquisa.

### 3.1.6 Validade e confiabilidade da pesquisa

Com o intuito de verificar a validade dos dados coletados, foi abordado o método de triangulação dos dados. Desta maneira, a validade das informações pode ser verificada por meio da coleta dos dados de diferentes fontes utilizando o mesmo método de pesquisa.

A fim de verificar a confiabilidade da pesquisa, o método mais adequado foi o teste-reteste, consistindo na análise da invariância, similaridade e coerência das respostas obtidas dos diversos informantes da pesquisa.

Como garantia de qualidade das informações obtidas pelo método da observação, estas foram realizadas com a presença do informante, e sempre que surgiram dúvidas quanto aos procedimentos observados, estes foram esclarecidos e coletados de acordo com as explicações do próprio informante.

### 3.1.7 Procedimentos na análise dos dados

Conforme a literatura, não existe uma metodologia sistematizada para a análise dos dados em pesquisa qualitativa. Porém, os métodos para auxiliar nesta análise sob uma ótica de organização através da classificação dos dados foram seguidos.

Primeiramente, foram reunidas todas as informações coletadas. Estas foram previamente lidas e pré-classificadas de acordo com o plano de perguntas. Nos casos de restarem dúvidas ou necessidade de esclarecimentos, estas foram feitas com os próprios informantes.

A seguir foi efetuada a classificação dos dados pelo princípio da exaustão. A fim de se obter uma classificação que realmente ajudasse na análise, foram tomados os seguintes

cuidados: utilização de um critério único, observância dos dados em sua totalidade, elaboração de classes excludentes e classes que se relacionem diretamente com os objetivos da pesquisa.

Realizada a devida classificação dos dados, o pesquisador buscou dedicar-se a entender e elucidar as informações. A interpretação dos dados se fez de forma rigorosa e precisa, concentrando seus esforços para extrair dos dados as conclusões e considerações relevantes.

Durante a última etapa do processo, ou redação do relatório de pesquisa, o pesquisador buscou utilizar os critérios de impessoalidade, objetividade, clareza e precisão.

### **3.2 Metodologia para a proposição do modelo de gestão de estoque de ferramentas de usinagem**

O trabalho possui como característica a utilização de uma empresa, denominada empresa laboratório, que serve como base para a realização do trabalho e, de uma pesquisa de campo para o levantamento das práticas e problemas encontrados no chão-de-fábrica da empresa. Estas informações formam uma base de dados para auxiliar na elaboração de propostas e na interpretação dos problemas existentes no chão-de-fábrica.

A escolha desta empresa justifica-se por a mesma enquadrar-se como fornecedora de produtos usinados para o setor de auto-peças, fornecendo seus produtos às montadoras mais importantes do país e do exterior. Desta forma, tornam-se válidas as argumentações, descrições de procedimentos e dificuldades quanto a gestão de estoque de ferramentas por parte dos entrevistados, especialmente com relação à empresa foco do estudo.

O trabalho tem início com a elaboração e realização de uma pesquisa de campo qualitativa, baseada na técnica de entrevista estruturada ou aberta-padronejada, através de um questionário com perguntas abertas, considerada esta como uma fase inicial para o conhecimento das práticas utilizadas, dos problemas relacionados ao tema e esclarecimento do assunto aos envolvidos no processo.

Em paralelo à pesquisa de campo, foram escritas a revisão bibliográfica referente ao tema gerenciamento de ferramentas, políticas de gestão de estoques, classificação ABC, análise de capacidade, dentre as demais necessidades do projeto deste trabalho.

A segunda etapa do processo consiste na elaboração da proposta para a gestão do estoque de ferramentas, utilizando, para isso, a revisão bibliográfica pertinente, os dados obtidos mediante a pesquisa de campo e o conhecimento do pesquisador através da sua

experiência e formação. Com base nestas três fontes de informação, é descrita a proposta de um modelo (Capítulo 5) para a gestão de estoque de ferramentas de usinagem que foca de forma simultânea e integrada: planejamento estratégico, planejamento logístico e, por fim, o planejamento técnico.

A etapa anterior é sucedida de uma análise técnica da viabilidade do modelo, quanto aos custos e benefícios envolvidos, analisando, para tanto, os problemas de ordem operacional, administrativa e técnica. Esta análise é realizada por meio de uma simulação baseada em dados coletados no chão-de-fábrica da empresa laboratório, e compara o método proposto neste trabalho (LEC) com o sistema MRP e o modelo de médias históricas que é adotado pela mesma, ou seja, os modelos que possibilitam um controle automático do estoque.

A simulação é realizada em planilha eletrônica de cálculo, e permite comparar o resultado entre as três formas de gestão de estoque. O resultado é apresentado em forma de performance de trabalho, em que o fator determinante para validar a opção pelo sistema LEC é a comparação entre seus custos de execução com os custos de execução dos outros dois métodos. Estes custos relacionam-se à falta de ferramentas para produção – gerando custo com a parada de máquinas – ou excesso de ferramentas em estoque – gerando elevado custo de estoque.

## **4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA PESQUISA DE CAMPO QUALITATIVA**

Com base nos dados obtidos através da pesquisa de campo, foi elaborado o relatório final contendo os resultados e discussão de cada tópico relevante à pesquisa de campo.

### **4.1 Caracterização da empresa e dos informantes**

A caracterização da empresa e dos informantes objetiva situar o ambiente de aplicação da pesquisa dentro do contexto do trabalho, preservando o anonimato dos informantes e da empresa.

Com relação aos critérios de amostragem mencionados anteriormente, a seleção dos informantes contou com a participação de seis profissionais, sendo um engenheiro de processos, dois técnicos de ferramentas que trabalham do desenvolvimento e melhoria das mesmas, um técnico responsável pelo controle do estoque de ferramentas, um líder de produção e um analista de suprimentos, este último, responsável pela compra das ferramentas, caracterizando deste modo os informantes pesquisados.

Da mesma forma, a seleção da empresa fonte dos dados da pesquisa pode ser caracterizada pelos seguintes aspectos:

- Número de funcionários: no total são aproximadamente 7200 funcionários, sendo 750 dedicados à unidade de usinagem;
- Sistema de produção: quanto ao sistema de produção, a empresa caracteriza-se por possuir células de produção flexíveis e linhas de produção dedicadas, esta última, representa em torno de 80% do parque fabril da usinagem;
- Tipo de produtos: peças automobilísticas;
- Lotes de produção: lotes de produção muito grandes nas células e produção seriada nas linhas dedicadas. A demanda de produção nas linhas dedicadas pode variar entre 25 e 90 mil peças por ano;
- Concepção das principais peças: discos de freio, mangas de eixo, coletores de escape, capas de mancal, blocos e cabeçotes de motores.

Estando situado o leitor dentro do contexto no qual ocorre as entrevistas, são apresentados os resultados e a análise da pesquisa, separados por tópicos da mesma forma que

se procedeu no momento das entrevistas, sendo eles: capacidade de produção, curva ABC, vida da ferramenta de usinagem e sua disponibilidade para a produção, estoque de ferramentas e generalidades.

#### **4.2 Capacidade de produção**

A análise das informações coletadas na empresa permite constatar com relação a este tópico que 83% das citações afirmam que a empresa realiza cronometragens para obter os tempos das operações e então traçar um gráfico ou planilha com a capacidade de produção de cada equipamento da linha ou célula de produção. Foram duas declarações espontâneas explicando que este cálculo de capacidade não ocorre de forma padronizada. Estas cronometragens ocorrem de forma pontual, segundo a necessidade específica de cada linha ou célula, sem que haja uma rotina que defina critérios únicos a serem adotados pela empresa, muito menos que sejam mantidos atualizados. Apenas um dos informantes não soube responder se existe um teste de capacidade.

No tocante ao uso da informação gerada a partir do cálculo de capacidade, 67% das declarações salientam que o cálculo de capacidade é utilizado para definir os parâmetros de corte. No entanto, três declarações espontâneas deixam claro que o cálculo de capacidade é utilizado para melhorar dados de corte na busca por tempos de ciclo mais baixos, e embora seja conhecido que nos equipamentos não gargalo os dados de corte poderiam ser mais amenos buscando reduzir custos, este trabalho não é realizado ou realiza-se pouquíssimas vezes. Apenas um dos informantes não sabe se esse trabalho é realizado, e um outro não sabe dizer a finalidade específica deste cálculo.

Ficou constatado neste item que não há uma sistemática bem equacionada para o cálculo de capacidade. Apesar de este ser realizado de forma desordenada dentro da empresa, pode-se concluir que existe o conhecimento da sua importância e das potencialidades que podem ser extraídas desta ferramenta. Por outro lado, percebe-se que esta ferramenta deve estar incorporada à rotina de trabalho para que os benefícios possam ser extraídos com mais facilidade.

#### **4.3 Curva ABC de ferramentas de corte**

A falta de um critério técnico foi o assunto mais enfatizado pelos entrevistados quando o tema foi a construção de uma curva com a classificação ABC de ferramentas de

corte, representando 50% das declarações. Dois problemas diferentes e complementares se evidenciam com as declarações acerca do tema. Estas declarações afirmam que o nível de importância de cada ferramenta dentro do processo é baseado na experiência do processista e do técnico de ferramentas, sem que haja um meio científico para tal. O segundo problema é a falta de comunicação dentro da organização para que a informação pudesse ser útil no dimensionamento ou no controle do estoque.

As outras três declarações sobre o assunto diferem em duas informações: as declarações de dois informantes explicam que a curva ABC, embora não seja efetivamente traçada e as ferramentas divididas em classes, a empresa possui uma relação das ferramentas mais consumidas através de médias históricas. Contudo, essa mesma informação não é disponibilizada a todos, o que dificulta seu uso para fins mais nobres como o controle mais rigoroso dos itens mais importantes dentro do processo de usinagem. A outra informação se restringe em dizer que essa classificação não é realizada de forma sistêmica, pois as informações de consumo e custo não estão disponíveis a todos.

A disponibilização por parte do setor de ferramentas de um gráfico ou planilha com a relação às ferramentas ABC é considerada por 100% dos entrevistados. Foi apontado que a centralização deste trabalho e a disponibilização desta informação aos processistas e técnicos de ferramentas auxiliariam em trabalhos específicos de redução de custo.

Quando questionados sobre quais outros critérios poderiam ser utilizados para traçar uma classificação ABC de ferramentas que não se restrinja apenas a dados de custo e consumo de ferramentas, as informações são unânimes: em primeiro lugar, aparece o tempo de entrega, seguido da qualidade das ferramentas e, por fim, a repetibilidade da vida útil das ferramentas. Algumas outras informações como índice de quebra apresentado por dois informantes adequam-se como repetibilidade de vida útil.

Chega-se à conclusão que a empresa não realiza uma classificação ABC de ferramentas, existindo apenas um trabalho com base em médias históricas de consumo que não se apresenta de forma que possa auxiliar em trabalhos mais expressivos. Outro agravante mostra-se na falta de consciência de que esta classificação possa auxiliar em trabalhos mais amplos como, por exemplo, no controle e dimensionamento do estoque, e não somente em trabalhos pontuais de redução de custo. Por outro lado, as declarações de que este trabalho deveria ser centralizado e disponibilizado a todos se mostram como positivas. Declarações desencontradas como estas deixam claro que ainda há muito trabalho a ser feito, e que as potencialidades desta ferramenta de trabalho podem ser exploradas a fundo.

#### 4.4 Vida da ferramenta de usinagem e sua disponibilidade para a produção

Observa-se com relação à disponibilidade de ferramentas de corte para a produção que este tema apresenta-se consolidado dentro da organização, visto que todas as declarações sobre este item foram as mesmas. Cada operação que necessita de uma ferramenta de usinagem possui três ferramentas em circulação, sendo que uma está em operação dentro da máquina, a segunda ao lado da máquina e uma terceira no setor de *preset*. As máquinas de usinagem possuem ao lado uma estante onde a segunda ferramenta fica aguardando até que seja solicitada para entrar em operação. Estas ferramentas são identificadas através de uma etiqueta com os dados de *preset*. Quando a ferramenta em operação tem sua vida útil esgotada, ou haja necessidade de troca devido à quebra, qualidade de peça, etc... a segunda ferramenta ao lado da máquina entra em operação. A ferramenta utilizada é colocada ao lado da máquina e aguarda substituição por uma ferramenta nova ou reafiada. Segundo as declarações dos entrevistados, a frequência ideal com que o funcionário responsável pela troca das ferramentas usadas por ferramentas novas ou reafiadas deve circular entre as máquinas para verificar a necessidade de troca é definida inicialmente a cada duas ou três horas, porém, com o tempo, através da experiência adquirida, essa rotina sofre mudanças e adapta-se à necessidade da linha ou célula. Este roteiro garante o abastecimento de todos os equipamentos, conforme afirmação dos entrevistados.

No que se refere à manutenção de ferramentas, apenas 33% dos entrevistados conhecem o procedimento dado às ferramentas que são enviadas para manutenção. O restante optou por não tentar explicar por desconhecer os detalhes dos procedimentos utilizados. Estes 33% destacam um ponto particularmente útil em se tratando de controle de ferramentas em manutenção: o primeiro passo é dar às ferramentas que retornam da manutenção um incremento ao seu código informando que esta sofreu manutenção. Este novo código possui a finalidade de controlar os custos para efeito de depreciação da ferramenta antes utilizada e para o controle do estoque. As ferramentas que possuem este código devem seguir para um local diferenciado no estoque que garanta seu uso antes das ferramentas novas. Na opinião dos entrevistados, este procedimento garante o correto controle dos custos e o uso preferencial das ferramentas que retornam da manutenção, obedecendo assim a rotatividade das ferramentas.

No que diz respeito à manutenção na forma de reafiação, duas declarações espontâneas apontam a parceria de uma empresa especializada que realiza os serviços. Esta parceria garante que as ferramentas retornem reafiadas à empresa no prazo de 24 horas.

Quanto ao revestimento, a parceria com uma empresa especializada garante os serviços de revestimento em no máximo quatro dias.

Os critérios adotados para o fim da vida da ferramenta também se apresenta bastante consolidado. Cinco dos seis informantes citaram que o fator mais relevante para o fim da vida e conseqüente troca de ferramenta na máquina é o alcance da vida útil estipulada pelos processistas e técnicos de ferramenta. Esta vida é definida com base em conhecimentos e experiências anteriores ou por meio de testes efetuados na própria peça. Em segundo lugar, como fator de fim da vida, aparece a qualidade do produto usinado. Sempre que o desgaste da ferramenta pode comprometer a qualidade de uma peça, esta é substituída. Duas declarações espontâneas apontam que a medição do desgaste de flanco como critério de fim da vida está em fase de implantação.

A falta de um controle automático da quantidade de ferramentas enviadas para manutenção e da quantidade de ferramentas que sofreram manutenção e que se encontram no estoque mostra-se um problema. Esse controle, segundo os entrevistados, é manual, trabalhoso e propício a falhas.

A falta de uma sistemática para a alteração dos dados de corte em função da variação de demanda é nítida. Da totalidade das declarações, 67% ressaltam que os dados de corte não sofrem nenhuma variação em função da demanda. O restante aponta que as alterações são em razão do aumento de demanda ou por melhorias relacionadas à qualidade. O principal fator para isso é a necessidade de melhoria dos tempos de ciclo quando há aumento de produção, o que é conflitante com as afirmações anteriores de que os dados nunca são alterados em razão de alterações de demanda. Com relação à alteração dos dados de corte em razão de qualidade, estes sofrem alterações para a melhoria de acabamentos da superfície usinada, por exemplo.

Ficou constatado que tanto a forma de disponibilizar as ferramentas para a produção quanto os critérios para o fim da vida das ferramentas são meios adequados e eficientes para os entrevistados, já que seu uso no chão-de-fábrica apresenta bons resultados. Além disso, são válidos também os esforços para tornar os trabalhos cada vez mais técnicos, como no caso da iniciativa da medição do desgaste de flanco como critério para o fim da vida.

Em suma, as atividades de disponibilidade de ferramentas e o tratamento dado às ferramentas que necessitam de manutenção podem ser viáveis e descritas formalmente como modelo para outras empresas que não possuem uma sistemática definida para realizar estas tarefas.

#### 4.5 Estoque de ferramentas de corte

O uso da técnica de médias históricas para o dimensionamento do estoque foi o assunto mais enfatizado pelos entrevistados quando o tema em questão foi o estoque de ferramentas, representando 83% das declarações. Esta técnica, conforme os entrevistados, baseia-se no consumo histórico médio dos últimos três meses. O resultado desta média juntamente com a experiência do responsável pelo estoque define a quantidade de ferramentas que deve ser comprada. O controle da quantidade de ferramentas em estoque é realizado com auxílio do *software* de gestão da empresa.

A responsabilidade do controle e do dimensionamento do estoque como função do setor de *preset* foi abordada em cinco declarações. Atualmente este trabalho está em fase de implantação. Uma declaração deixa clara a importância deste assunto. A empresa conta com um estoque calculado em R\$3,5 milhões, e destes, R\$800.000,00 são considerados itens inativos, por não serem mais utilizados em nenhum produto. O consumo de ferramentas atinge aproximadamente R\$1 milhão por mês, o que gera dentro da empresa uma necessidade de redução do estoque. O objetivo da organização é que este mesmo estoque gire em torno de R\$1,5 milhão, ou seja, 50% de fator de segurança sobre o consumo mensal, conforme declaração. Estima-se que exista dentro da organização 2.500 a 3.000 itens.

Quando questionados sobre a importância de um estoque bem dimensionado, os fatores mais relevantes, na opinião dos entrevistados, são o alto valor de capital de giro parado no estoque de ferramentas, quando ocorre excesso de ferramentas, e as paradas de produção, quando ocorre falta de ferramenta em estoque. A parada de máquinas, de acordo com os entrevistados ocorre raramente. Este fato deve-se ao relacionamento com as empresas parceiras que buscam soluções emergenciais quando a parada de uma máquina é iminente. Foram citados dois exemplos que ocorrem com alguma frequência: entrega de ferramentas em prazos muito curtos e também a transformação de uma determinada broca, por exemplo, com diâmetro maior em uma com diâmetro menor.

Percebe-se perante este fato que a empresa busca meios para não parar a produção, porém estas soluções normalmente são caras e geram grandes transtornos aos envolvidos.

Os motivos relacionados para a ocorrência tanto da falta como do excesso em estoque são, em primeiro lugar, a falta de planejamento do estoque, gerando compras excessivas e desnecessárias, e mesmo a falta de pedidos de compra para ferramentas muito usadas. Para o excesso de ferramentas ainda foram relacionadas a produção de peças

protótipos que aplicam ferramentas que depois não são mais utilizadas, e também a compra de ferramentas para testes que não são bem sucedidos. Quando há falta de ferramentas, o motivo apresentado é a falta de planejamento do estoque. Em segundo lugar, ficam as quebras excessivas de ferramentas, que também geram falta de ferramentas no estoque. Dois relatos afirmam que as paradas por falta de ferramentas não chega a 5% do tempo produtivo.

O uso da técnica das médias históricas e a experiência dos envolvidos como os únicos meios para o controle do estoque de ferramentas evidenciam a deficiência da empresa no controle do estoque das mesmas. Este método mostra-se falho ou incapaz de atender a demanda ou especificação da empresa, vistos os dados dos valores em estoque e dos itens inativos apresentados. Este método pode comprometer a produção com a falta de ferramentas. Caso o volume de produção seja aumentado no próximo mês, haverá falta de ferramentas haja vista a quantidade de ferramentas compradas em função de produções menores. Da mesma forma, a informação do aumento de demanda pode não chegar ao responsável pelo cálculo das médias históricas, e este não terá como saber a necessidade do aumento no consumo de ferramentas.

De todo modo, a quantidade de ferramentas em estoque é totalmente dependente da condição humana, sujeita a erros, falhas ou mesmo à falta de informação.

#### **4.6 Generalidades**

Das seis entrevistas realizadas, houve duas declarações nas quais o grau de organização e racionalização do estoque foi considerado bom e três delas considerando a organização e racionalização em nível médio. Foram três declarações espontâneas enfatizando que a empresa atualmente busca evoluir na melhoria do controle do estoque. Esta preocupação reflete-se no chão-de-fábrica através da dedicação exclusiva de funcionários para realizar o controle do estoque e melhor gerenciar as ferramentas, e de projetos para o reaproveitamento dos itens inativos que somam R\$800.000,00, como mencionado anteriormente. Além destes, foi citado como possibilidade de melhoria o desenvolvimento de fornecedores parceiros buscando melhores preços, prazos e qualidade.

Pode-se concluir destas declarações que a empresa realmente busca evoluir na questão do gerenciamento de ferramentas, inclusive no controle do estoque. Entretanto, não se observa um foco direcionado ao dimensionamento correto do estoque, nem trabalhos dedicados para esta finalidade. A própria meta de possuir em estoque um fator de segurança

de 50% pode ser repensada, baseado nas afirmativas em que fornecedores parceiros buscam sempre manter os prazos de entrega.

O auxílio do computador para a gestão do estoque é necessário para 33% dos entrevistados, todavia, o conteúdo das declarações permite concluir que não se detém o conhecimento da forma com que esse trabalho pode ser realizado, ou quais ferramentas podem ser incorporadas ao computador para que ele realmente auxilie no gerenciamento das ferramentas e no dimensionamento do estoque. Outros 50% apresentam *softwares* de gerenciamento de ferramentas como possível solução. As declarações dos referidos entrevistados explicam que foram testados dois diferentes *softwares* de gerenciamento de ferramentas sem o sucesso esperado. Os motivos para este insucesso, na opinião dos informantes, foram a quantidade de trabalho demandado para a implantação destes sistemas, e principalmente a necessidade de se ter um alto nível de organização do setor de ferramentas. Apenas um informante não soube informar sobre os possíveis benefícios da informática. Provavelmente não estão evidenciados para os entrevistados os benefícios técnicos, econômicos e administrativos da informática para auxiliar na gestão do estoque. O auxílio do computador extrai do homem parte da responsabilidade, deixando para este apenas as tomadas de decisão, contribuindo de forma muito significativa no dimensionamento e controle do estoque.

A variação da demanda por parte do cliente existe de forma significativa. Essa afirmação foi feita por quatro dos seis entrevistados. Uma declaração diz que a alteração de demanda de forma significativa para a produção pode ocorrer três ou quatro vezes no ano. Nota-se, perante as evidências, que a alteração de demanda apresenta-se de forma significativa no setor de auto-peças, e precisa ser tratada como parte integrante do processo produtivo, já que as oscilações de demanda do mercado automotivo não são passíveis de controle pelas empresas do ramo.

#### **4.7 Considerações finais**

De modo geral, predomina a ocorrência de procedimentos gerenciais já não adaptáveis aos modernos sistemas de fabricação, seja por motivo de desatualização, negligência, ou simplesmente por descaso das técnicas mais modernas para os fins pretendidos. Em quaisquer destes casos forma-se uma condição propícia a gerar incoerências e distúrbios no fluxo produtivo, com possíveis ameaças à competitividade da empresa.

Fica evidenciado que a solução para a problemática da gestão de estoque de ferramentas ainda não se instalou na empresa, e que apesar dos esforços, a iniciativa não deve resolver de forma definitiva o problema, haja visto o método de médias históricas adotado. Este método depende totalmente da intervenção humana, dificulta o repasse do conhecimento, deixando todo o controle na mão de poucos, tornando-o muito volátil.

Se, por um lado, os procedimentos técnicos e administrativos adotados pela empresa para a gestão do estoque são, em via de regra, casuais e isolados, conforme constatação desta pesquisa de campo, o que não garante segurança estratégica, logística ou técnica, por outro lado, questões importantes para a gestão do estoque são reconhecidas, como o uso da informatização, organização e racionalização. Este é um forte indício da receptividade para a implantação de métodos sistemáticos para a correta gestão do estoque de ferramentas na empresa.

Embora de aplicação típica em pesquisas das áreas de ciências humanas e sociais, a pesquisa de campo revela-se grande instrumento exploratório nas áreas de ciências exatas. No caso específico deste trabalho, esta pesquisa forneceu muitos subsídios para auxiliar no desenvolvimento de uma metodologia para a gestão do estoque de ferramentas. Estes subsídios foram levantados mediante um conjunto significativo de opiniões, críticas e idéias, originárias dos próprios usuários das ferramentas no chão-de-fábrica, e, portanto, considera-se que possui grande representatividade para a formulação de um modelo sistematizado para o problema abordado.

De posse das afirmativas evidenciadas nesta pesquisa de campo, da ocorrência de constante variação de demanda, da existência de um vasto volume de ferramentas tanto em quantidade como em volume de itens, busca-se uma alternativa para lidar com estas ocorrências no chão-de-fábrica, por meio de uma proposta para a gestão do estoque de ferramentas de usinagem que atenda a estas características.

## 5 PROPOSIÇÃO DO MODELO DE GESTÃO DE ESTOQUE DE FERRAMENTAS DE USINAGEM

### 5.1 Preâmbulo

O resultado da pesquisa de campo apresentado no Capítulo 4 evidencia o despreparo da empresa ao lidar com a gestão do estoque de ferramentas, seja pela inexistência de meios para o controle e dimensionamento do estoque de ferramentas, ou pela utilização de técnicas inadequadas ao dimensionamento do estoque do item ferramenta. Ao mesmo tempo, a literatura especializada não apresenta um desenvolvimento consistente sobre o aspecto técnico e gerencial do tema, conforme aponta a revisão bibliográfica exibida no Capítulo 2, o que comprova a falta de apoio científico e tecnológico com relação ao tema para as empresas de usinagem.

Não bastasse, ainda tem-se a complexidade dos sistemas produtivos, que desencadeia uma série de dificuldades que em nada favorecem encontrar soluções para a problemática em estudo, apresentado no Capítulo 1. Por outro lado, constatou-se que o sistema LEC de gestão e controle de estoque, juntamente com a proposição de técnicas exclusivas ao item ferramenta de corte, favorecem a sistematização de procedimentos técnicos e gerenciais, e possibilitam desenvolver um modelo que atenda a problemática apresentada.

A partir do exposto, a proposta para a construção do modelo utiliza três fontes de informações principais: 1) os dados da pesquisa de campo, 2) as informações da literatura especializada e 3) o conhecimento do pesquisador.

A fim de obter um modelo capaz de atender não só a empresa em pauta, mas também empresas com características semelhantes, o modelo deve ser flexível, permitir que cada empresa programe suas particularidades, sem que isso altere a idéia central da proposta.

Com base no modelo criado por Consalter (1999) para dispositivos de fixação de peças, e no exposto anterior, preconizam-se as seguintes características para este modelo:

- **Abrangência:** a abrangência desta proposta é fornecer procedimentos para empresas de usinagem de peças em ferro fundido que possuam três características: (1) alta demanda, (2) elevada variedade de itens em produção e (3) variação de demanda. Características normalmente encontradas em empresas de usinagem de auto-peças;

- Adequação: as necessidades das empresas raramente são as mesmas, por isso o modelo deve ser flexível o suficiente para que cada empresa formalize seus requisitos, resguardando sempre a identidade, os recursos e as estratégias originais da proposta;
- Apoio empresarial: sob o enfoque do estoque de ferramentas, atuar no dimensionamento estratégico dos estoques, com base em técnicas eficazes;
- Orientação lógica e seqüencial: desencadear um processo para a gestão do estoque em etapas cronológicas subseqüentemente dependentes e interligadas;
- Aprimoramento e ajustes: permitir alterações e revisões em qualquer etapa do modelo, a partir de novas necessidades ou mudanças de estratégias das empresas;
- Suporte: propor ferramentas que auxiliem na escolha dos parâmetros de cada etapa do modelo;
- Informatização: apresentar um modelo possível de implementação e operacionalização via sistema computadorizado;
- Integração setorial: criar um modelo que induza a comunicação e a unificação entre setores da empresa.

## 5.2 Descrição do modelo

O modelo de gestão de estoque de ferramentas de corte proposto é representado esquematicamente pelo fluxograma conforme Figura 5.1 e Figura 5.2.

O mesmo é composto por seis etapas de ações, que constituem uma sistemática para a gestão do estoque que se desenvolve em dois estágios, sendo o primeiro a gestão técnica e o segundo a gestão administrativa. Para atingir a proposta da correta gestão do estoque, ao final, o modelo deve possuir as características de abrangência, adequação, apoio empresarial, orientação lógica, aprimoramento e ajustes, suporte, informatização e integração setorial, como citados anteriormente.

De acordo com o fluxograma apresentado (Figura 5.1), o estágio de gestão técnica ocorre em cinco etapas, que correspondem às etapas de caracterização da empresa, etapa de cálculo de capacidade, etapa de classificação ABC de ferramentas de corte, etapa de cruzamento de informações e, por fim, a etapa de adequação de capacidade. Este primeiro estágio tem como objetivo disponibilizar as informações que serão utilizadas no segundo estágio, dimensionar o uso da ferramenta e sua importância dentro do contexto de produção, além de preparar o ambiente de produção para trabalhar com um estoque de ferramentas sem excessos ou faltas.

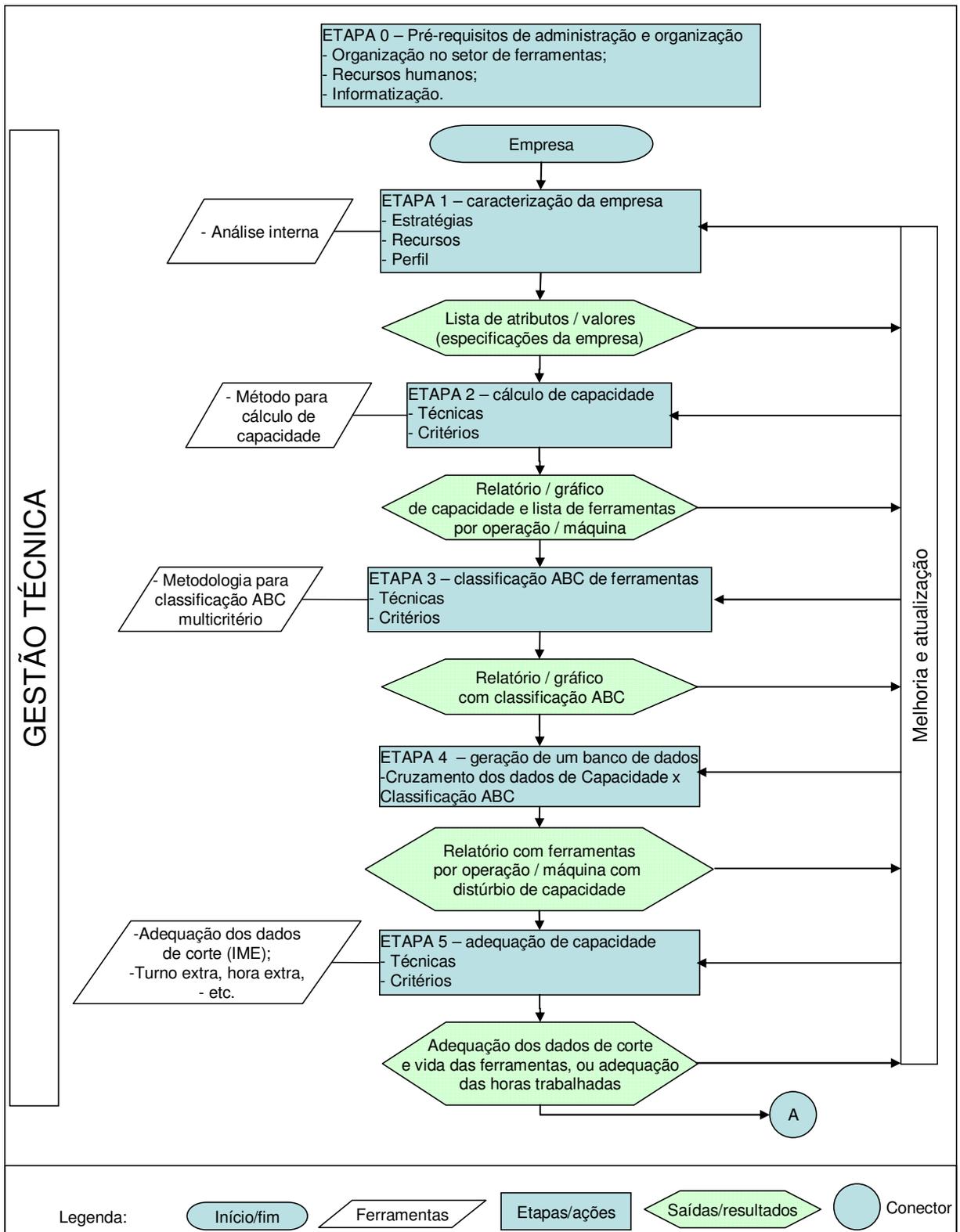


Figura 5.1 – Fluxograma para a gestão técnica de estoque de ferramentas

O segundo estágio, ou gestão administrativa (Figura 5.2), ocorre em fase única, que trata do dimensionamento do estoque de ferramentas. Esta fase faz uso dos dados

fornechos pela fase anterior para o cálculo dos parâmetros de ressuprimento. Em paralelo a este trabalho são definidas as formas de disponibilidade das ferramentas para a produção e a forma de tratamento das ferramentas que são enviadas para manutenção. Do mesmo modo, são criados os procedimentos sistêmicos para a realimentação do sistema sempre que é alterado algum dos parâmetros utilizados inicialmente.

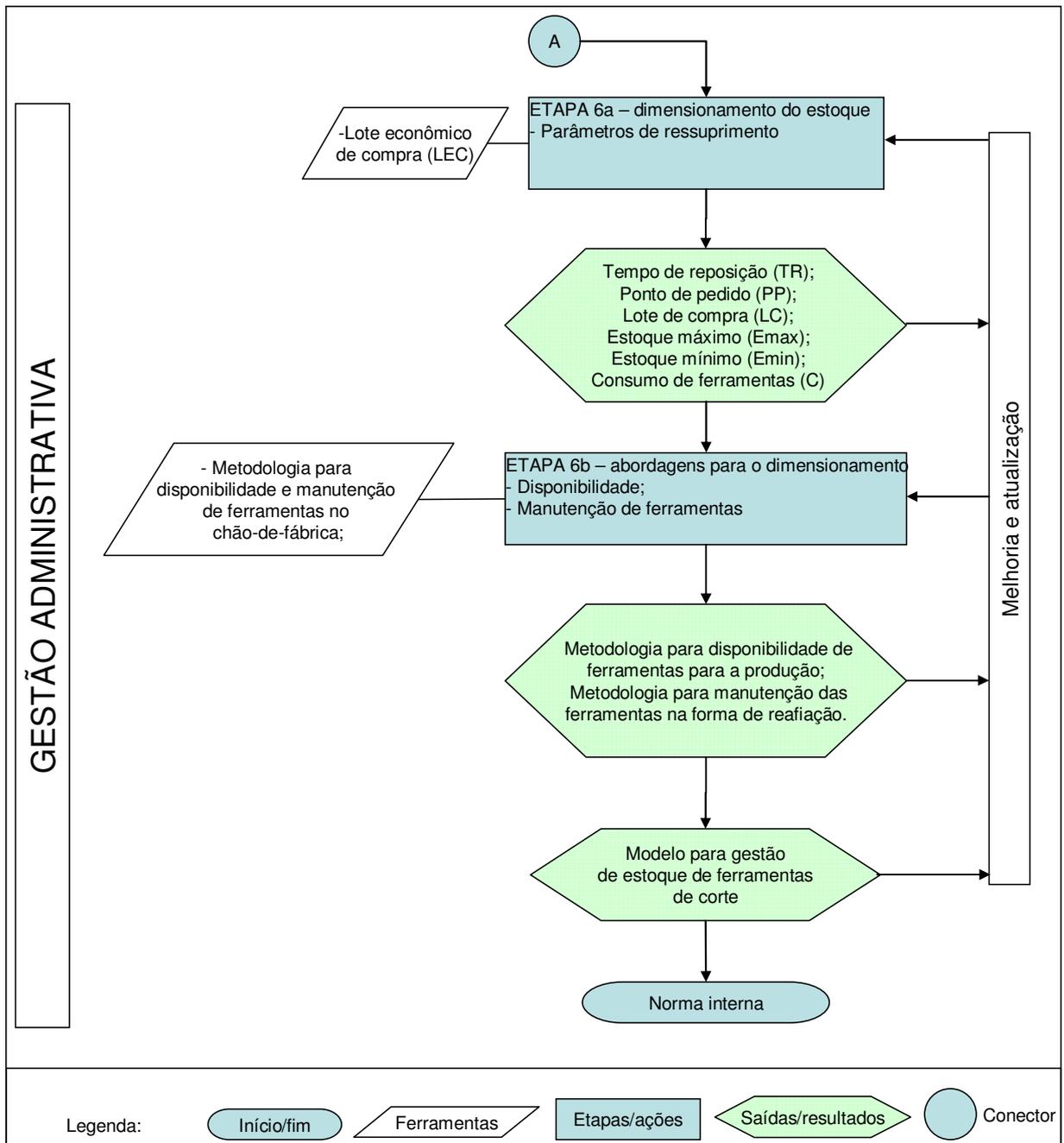


Figura 5.2 – Fluxograma para a gestão administrativa de estoque de ferramentas

Cada etapa do modelo constitui-se de um conjunto de passos que representam as ações ou os procedimentos que determinam a sistemática de todo o modelo, devendo ao final do processo gerar uma norma interna da empresa.

A criação de uma norma interna traz muitos benefícios à empresa, podendo citar:

- Preservação do conhecimento;
- Facilidade de acesso à informação;
- Padronização dos conceitos;
- Formalização dos procedimentos técnicos e administrativos relacionados a gestão do estoque de ferramentas de usinagem;
- Controle de revisão.

O controle de revisão, embora pareça de pouca relevância, pode ser muito eficiente quanto à solução de problemas que possam ocorrer. Sempre que alguma alteração dos métodos ou dos parâmetros para o dimensionamento do estoque for atualizada, deve-se criar uma nova revisão na norma da empresa. Esta revisão garante a preservação dos procedimentos utilizados anteriormente à revisão, podendo facilmente ser resgatados caso ocorra algum problema após a alteração dos critérios adotados para o dimensionamento.

Ao final de cada etapa do modelo, os dados obtidos devem ser avaliados por um grupo multifuncional da empresa, com representantes de cada área envolvida no processo. Os dados devem ser avaliados quanto ao atendimento das necessidades, se são factíveis, além da análise dos custos, prazos e responsáveis, fazendo as devidas observações, sempre que necessário. Caso haja alguma inconsistência nos resultados de cada etapa, os procedimentos devem ser novamente analisados e sofrer ações de melhoria ou atualização, para, só então, ser iniciada a etapa subsequente.

Com base nestas definições, cabe descrever cada uma das etapas subsequentes do modelo proposto.

### 5.2.1 Etapa 0 – Pré-requisitos de administração e organização no chão-de-fábrica

A Etapa 0 descreve os pré-requisitos necessários, sob o enfoque do gerenciamento de ferramentas, que dão os subsídios à implantação de um sistema para realizar a gestão do estoque de ferramentas. Estas necessidades são apresentadas sob três aspectos: organização no setor de ferramentas, recursos humanos e informatização.

- Organização no setor de ferramentas: a organização no setor de ferramentas são princípios gerenciais relacionados entre si, cuja meta comum é otimizar a utilização das ferramentas e os seus efeitos nos processos produtivos. Essas atividades são

constituídas de atividades essenciais e atividades complementares que são princípios necessários ao bom andamento das atividades nas empresas de usinagem. As atividades essenciais se destacam por apresentarem grande relevância ao processo, no qual sem elas este pode ocorrer de forma falha ou nem mesmo acontecer. Entre as atividades essenciais, destacam-se: codificação de ferramentas, procedimentos de montagem, identificação e rastreabilidade das ferramentas, controle sobre o fluxo físico e fluxo de informações e busca pelo uso de ferramentas modulares. As atividades complementares são atividades para o suporte à qualificação e disponibilidade das ferramentas, desenvolvendo-se sem afetar diretamente o uso destas ferramentas na produção, podendo, entretanto, afetar de forma indireta a qualidade das peças e o desempenho da produção. Dentre as atividades complementares, destacam-se: inspeção, transporte, limpeza e cuidados no que tange à forma de armazenamento em estoque;

- Recursos humanos: as mudanças organizacionais provocadas visando à implantação de um sistema dentro das organizações provocam alterações nos recursos e nos procedimentos habituais. De fato, tais mudanças ocorrem de forma gradual e em níveis diferenciados entre as empresas, mas em todos os casos é necessário capacitar e atualizar os recursos humanos envolvidos no processo de gestão do estoque. Isto implica manter um programa de treinamento e de conscientização. Outro aspecto humano em destaque é a necessidade de uma pessoa com a incumbência e responsabilidade administrativa sobre a gestão do estoque, seja com dedicação exclusiva ou parcial, dependendo da estratégia adotada pela empresa, cabendo a esta pessoa as tarefas de coordenação e controle dos níveis em estoque;
- Informatização: o nível de informatização projetado para o tipo de trabalho proposto implica na geração de dados, armazenamento, processamento, disponibilidade e transmissão, envolvendo diversos setores da empresa. Desta maneira, torna-se imprescindível prover um sistema de informatização consistente e abrangente. Dentre as principais atividades, cabe a disponibilização de computadores em todos os setores envolvidos e uma rede integrando todos os computadores com acesso ao banco de dados central em níveis de acesso diferenciados. Cada setor deve possuir níveis de acesso distintos, informações de demanda de peças só podem ser alteradas pelos departamentos de venda, porém, podem ser visualizadas pelos setores restantes. Por fim, gera-se a necessidade do desenvolvimento de um sistema que absorva os

requisitos para a gestão do estoque de ferramentas, com o desenvolvimento de um *software* específico para tal função.

A apresentação destas características ou deste grau de organização e informatização são pré-requisitos desta proposta, não o foco da mesma. Não serão abordados os meios para atingir esta etapa, apenas apresenta-se a necessidade de este estar presente antes da intenção de implantar um sistema mais complexo, capaz de realizar a gestão do estoque de ferramentas.

### 5.2.2 Etapa 1 – Caracterização da empresa

A caracterização da empresa para os fins deste trabalho consiste na aquisição de informações de produção, tipos de produtos e equipamentos, informações de demanda, quantas e como são realizadas as alterações de demanda pelos clientes, dentre outros. Informações estas que embasarão posteriormente as análises técnicas e administrativas necessárias para a gestão do estoque, principalmente com relação ao seu dimensionamento. Tais informações são expressas em forma de atributos, acompanhadas de seus respectivos valores. Estes valores podem ser expressos quantitativa ou qualitativamente, dependendo do atributo. Como exemplo ilustrativo de pares de atributos / valores, podem ser citados: demanda / alta; tipo de equipamento / CNC; solicitações de alteração de demanda no ano / 4.

Portanto, esta primeira etapa consiste na realização de um levantamento interno das informações da empresa, orientado por uma lista de atributos pré-definida com opções de valores estipulados, conforme apresentado na Tabela 5.1.

Deve ficar evidente que esta tabela representa um esboço do que deverá constituir uma lista mais bem elaborada de atributos e valores, completa e abrangente, qualidade essa que deverá ser atingida gradualmente, à medida que as informações sejam requisitadas através da aquisição do conhecimento dos usuários.

A garantia de atributos e valores representativos que caracterizem a empresa tendo em vista a gestão do estoque de ferramentas passa pelas considerações de planejamento estratégico, planejamento logístico e planejamento técnico. Estas considerações, direta ou indiretamente, influem nas decisões sobre os parâmetros que serão utilizados na construção dos procedimentos, conforme citados abaixo:

- Considerações de planejamento estratégico: acompanhamento do nível de inventário e alterações de demanda, identificação das ferramentas classe A, políticas de gestão de estoque, padronização e modularidade, redução na variedade de ferramentas, compra de ferramentas, redução de componentes;

Tabela 5.1 – Lista de atributos e valores para análise das empresas

Considerações	Atributos	Valores (unidade) / análise
Planejamento estratégico	Sistema de produção Volume de demanda Alterações de demanda Equipamentos Classificação ABC Nível de treinamento operacional Nível de informatização da empresa Nível de organização no chão-de-fábrica	linhas dedicadas, células flexíveis peças por ano frequentes, eventuais, raras lista com principais equipamentos características para classificação ABC bom, médio, ruim bom, médio, ruim bom, médio, ruim
Planejamento logístico	Tempo disponível para produção Paradas programadas Índice de manutenção Índice de refugo Produção horária Custo de estoque de ferramenta Custo de aquisição de ferramenta Transporte da ferramenta até a máquina Tempo de entrega das ferramentas Almoxarifado	tempo em horas tempo em horas das paradas para café, almoço, etc. expresso em % expresso em % peças por hora R\$/ano R\$/compra manual, carrinho, automatizado <i>Lead time</i> em: meses, semanas, dias central, setorial
Planejamento técnico	Nível de automação das máquinas Vida das ferramentas Fim da vida útil das ferramentas Nível de modularidade Reafiação	alto, médio, baixo peças por ferramenta critérios para fim da vida útil alto, médio, baixo critério para definir número de reafiações

- Considerações de planejamento logístico: análise e planejamento da capacidade, diagnóstico de performance do estoque, tratamento das ferramentas com relação à manutenção, disponibilização das mesmas à produção, transporte até os locais de utilização e *lead time* de entrega das ferramentas;
- Considerações de planejamento técnico: determinação dos parâmetros de corte, definição da vida da ferramenta, plano de processo (máquinas, ferramentas de corte, operações, seqüência de usinagem).

Diante das necessidades de informações, facilmente nota-se que o processo envolve vários setores dentro de uma organização, promovendo desta forma a interação entre eles. Entre os setores envolvidos, podem ser citados: Engenharia de Produto, Engenharia de Manufatura, Compras, Vendas, Qualidade e controle do chão-de-fábrica.

A seleção dos valores para cada atributo identifica e define o perfil e a estratégia da empresa quanto a gestão do estoque de ferramentas, e também constrói uma base de dados

que será utilizada posteriormente para a definição dos parâmetros de ressuprimento, dados de corte e demais informações necessárias ao modelo.

### 5.2.3 Etapa 2 – Cálculo de capacidade

Esta etapa consiste no desenvolvimento de uma metodologia capaz de fornecer a capacidade exigida e capacidade disponível dos equipamentos de usinagem. Nesta etapa são identificadas as operações/equipamentos com necessidade de adequação de capacidade através da comparação entre o resultado do cálculo das capacidades.

A seguir será proposta uma técnica para a realização deste cálculo, bem como a forma de apresentação destes resultados. A base para a elaboração desta proposta de cálculo possui como principal fonte a experiência do pesquisador, sendo realizada pelo mesmo na empresa laboratório, e apresentada como método formalizado nesta dissertação por demonstrar efetivos resultados na empresa.

O primeiro passo para realizar o cálculo de capacidade dos equipamentos consiste na obtenção das informações necessárias. O nível de precisão das informações coletadas garante a legitimidade do cálculo de capacidade, tornando necessário redobrar os cuidados durante a coleta das mesmas. São mostradas abaixo as variáveis para o cálculo de capacidade:

- Tempo total disponível ( $T_{TD}$ ): é o tempo total disponível de trabalho no período analisado (semana, mês ou ano) sem desconsiderar nenhuma parada, perda ou ineficiência;
- Paradas programadas ( $P_{PGR}$ ): esta informação refere-se ao tempo de todas as paradas programadas para almoço, café, janta, paradas para reuniões, limpeza e organização;
- Índice de manutenção ( $I_M$ ): os índices de manutenção devem ser expressos em percentual, ou seja, em índices de disponibilidade sob a ótica dos tempos de parada para manutenção, seja ela corretiva, preditiva ou preventiva. Como exemplo pode ser citado: a máquina “A” possui 90% de disponibilidade, ou seja, para cada 100 horas, este equipamento encontra-se 10 horas parado para manutenção;
- Índice de refugo ( $I_R$ ): da mesma forma que as paradas de manutenção, os índices de refugo devem ser expressos em percentual. Este dado normalmente é de responsabilidade do setor de qualidade;
- Demanda dos produtos (DP): esta informação normalmente é fornecida pelo setor de vendas ou marketing. O cálculo de capacidade pode ter um horizonte de uma semana, um mês ou um ano, dependendo da estratégia adotada pela empresa;

- Produção horária das peças (PH): uma das principais informações para o cálculo de capacidade é a produção horária de cada máquina. Os tempos de produção devem ser cronometrados a fim de obter os dados de produção horária. Geralmente as empresas possuem um setor responsável por esta tarefa; caso esta informação não seja conhecida, deve-se designar alguém capacitado ou treiná-lo para executá-la;
- Lista dos equipamentos (LE): num mundo ideal, a análise de capacidade deve ser feita para todos os equipamentos de usinagem, entretanto esta análise pode despende muito tempo e esforço. Neste caso, devem ser priorizados os equipamentos mais importantes da fábrica ou linha de produção. Esta análise deve ser realizada pelo processista da linha, ou técnico, que tenha conhecimento necessário para esta tarefa.

De posse dos dados apresentados acima, se iniciam os cálculos de capacidade exigida e capacidade disponível para cada equipamento selecionado. Caso mais de um item diferente seja produzido no mesmo equipamento, as horas de capacidade exigida de cada item deve ser somada.

- Capacidade exigida: para cada equipamento selecionado deve-se proceder como segue:

$$Capacidade \ exigida = \frac{DP}{PH(1 - I_R)} \quad (5.1)$$

Em que: DP = demanda de produtos [peças / semana, mês ou ano];

$I_R$  = índice de refugo [%];

PH = produção horária [peças/hora].

O dado de capacidade exigida pode ser expresso em horas por semana, horas por mês ou horas por ano, dependendo do horizonte de tempo que se tem a necessidade de observar. Cabe lembrar que quanto maior o horizonte de tempo da análise, maior a probabilidade de ocorrer em erros, devido às incertezas dos clientes quanto à demanda, e quanto aos dados de manutenção e produção.

O índice de refugo deve incidir sobre a demanda de peças, visto que para expedir a demanda solicitada, é necessário processar também os refugos. Por exemplo: em uma linha

de produção em que se deseja obter 1.000 peças boas, e o índice de refugo é de 2%, será necessário processar 1.020 peças.

- Capacidade disponível: a capacidade disponível é obtida conforme descrito:

$$\text{Capacidade disponível} = (T_{TD} \times I_M) - P_{PGR} \quad (5.2)$$

Em que:  $T_{TD}$  = tempo total disponível [horas / semana, mês ou ano];

$I_M$  = índice de manutenção [%];

$P_{PGR}$  = paradas programadas [horas / semana, mês ou ano];

Com o objetivo de facilitar a análise de capacidade, é proposta a criação de um índice percentual chamado de grau de ocupação. Este índice é obtido segundo a equação que segue:

$$\text{Grau de ocupação} = \text{Capacidade exigida} \div \text{Capacidade disponível} \times 100 \quad (5.3)$$

Quando o resultado deste índice for menor que 100%, implica dizer que o equipamento está com capacidade ociosa, pois parte do seu tempo disponível não está sendo utilizado. De forma oposta, valores acima de 100% apontam que o equipamento está com sobrecapacidade. Com o objetivo de elucidar e exemplificar o que foi exposto, segue um exemplo da aplicação das equações propostas:

Na operação 10, realizada no equipamento “Torno CNC”, são usinadas 50 mil peças do tipo “X” por ano. O índice de refugo desta peça é de 2%, e a produção horária é de 25 peças.

Para produzir este item, trabalha-se um turno de 8,8 horas por dia, durante 280 dias por ano. Os dados de manutenção indicam um índice de manutenção de 95% de eficiência, e as paradas programadas somam 0,8 horas por turno.

Desta forma, tem-se a capacidade exigida:

$$\text{Capacidade exigida} = (50.000 \div (100\% - 2\%)) \div 25 = 2040 \text{ horas/ano}$$

O resultado da capacidade exigida mostra que, para a situação em questão, são necessárias 2040 horas de trabalho no ano para atender a demanda do item “X”.

Para o cálculo da capacidade disponível:

$$\text{Capacidade disponível} = ((8,8 \times 280) \times 95\%) - (0,8 \times 280) = 2100 \text{ horas/ano}$$

O resultado da capacidade disponível revela que este equipamento está disponível para produzir 2100 horas por ano.

A diferença entre estes resultados (2100 – 2040) mostra que existem 60 horas/ano de produção disponíveis para a máquina a mais que a capacidade exigida para este mesmo equipamento.

O grau de ocupação ( $2040 \div 2100$ ), neste caso é de aproximadamente 97%, ou seja, o equipamento apresenta um pouco de ociosidade, que são as 60 horas citadas anteriormente.

É importante informar que todos os dados devem estar dimensionados na mesma unidade de tempo. Uma vez adotadas como padrão as horas de um ano de trabalho, todos os dados devem ser utilizados seguindo esta determinação. Os resultados dos dados de capacidade também podem ser expressos em horas/semana ou horas/mês, dependendo da unidade de tempo mais adequada para a empresa.

Após o cálculo destes parâmetros, cabe definir uma forma de apresentação destes resultados. Conforme apresentado no Capítulo 2, o relatório de saída desta etapa pode ser disponibilizado na forma gráfica ou através de tabelas. Esta decisão cabe ao analista, devendo adotar o método mais adequado para a situação da empresa. O relatório deve conter as diferenças entre capacidade exigida e capacidade disponível para cada equipamento de usinagem. Com base no resultado da diferença entre capacidade exigida e capacidade disponível, serão alterados os parâmetros de usinagem ou tomadas ações gerenciais para adequação de capacidade.

A proposta para o cálculo de capacidade atende todas as necessidades desta etapa, e permite uma análise de qual a forma de atuação sobre estes resultados é a mais adequada. Nesta etapa, são identificados os equipamentos que precisam sofrer adequação de capacidade, seja pela redução ou aumento da capacidade. A forma de atuação para adequação de capacidade através de parâmetros de corte de usinagem será descrita na Etapa 5.

Quanto à automatização destes cálculos, os mesmos podem ser feitos por meio de planilhas de cálculo com o uso de macros, ou então, com programas específicos que podem ser desenvolvidos especialmente para a empresa usuária do modelo. Uma vez criada esta metodologia, a manutenção ocorre de forma simplificada. Sempre que houver uma alteração de qualquer um dos parâmetros, basta atualizar a base de dados para obter os novos resultados.

#### 5.2.4 Etapa 3 – Classificação ABC de ferramentas de corte

O objetivo é identificar qual o nível de importância das ferramentas de usinagem, classificando-as em famílias.

Esta etapa consiste em uma proposta para traçar uma classificação ABC multicritério de ferramentas de corte. O sistema de classificação ABC multicritério utiliza as características mais importantes das ferramentas de corte, além do custo e consumo de itens, como, por exemplo, tempo de entrega. Cada característica torna-se mais ou menos importante, dependendo da avaliação de cada ferramenta, das necessidades ou estratégias adotadas pela empresa.

A partir do modelo descrito por Herrera (2005) será proposta uma metodologia específica para classificação ABC de ferramentas de corte. As respostas obtidas por meio da aplicação do questionário permitiram identificar quais são as características mais importantes que devem ser consideradas na classificação ABC para a empresa pesquisada.

Do resultado da pesquisa de campo apresentado no Capítulo 4 podem-se extrair algumas considerações sobre as características que devem ser consideradas. Em ordem de importância foi citado o custo e o consumo de cada ferramenta, além das características especialmente importantes para ferramentas: nível de qualidade da ferramenta, tempo de entrega e nível de repetibilidade de vida útil.

Tomando por base os critérios extraídos da pesquisa de campo, é descrita a metodologia para a classificação ABC multicritério. O método possui três passos que consistem: (1) na identificação dos critérios e levantamento de dados, (2) atribuição dos pesos aos critérios e, (3) o cálculo para definir a classificação de cada ferramenta.

O primeiro e segundo passos ocorrem de uma só vez, consistem em reunir os especialistas em ferramentas da empresa (técnicos de ferramentas, processistas, etc.) e extrair destes quais são as características que devem ser consideradas para a classificação. Nesta fase, deve-se levar em conta as características de cada empresa, visto que as necessidades e estratégias podem variar de empresa para empresa. Para algumas empresas, o tempo de entrega de novas ferramentas pode ser muito representativo, pois ela pode estar importando algumas ferramentas, o que faz desta característica um ponto fundamental na análise. Para outras, essa característica pode ter pouca influência na classificação ABC.

Finalizando, apresenta-se o levantamento dos dados relacionados a cada critério para cada ferramenta de corte. Os dados devem ser obtidos junto aos departamentos competentes, como, por exemplo: a informação de tempo de entrega normalmente é

conhecida pelo setor de compras. A demanda mensal de ferramentas consumidas para fins da classificação ABC deve ser a média histórica dos últimos 3 ou 6 meses, garantindo, desta forma, a consistência da informação.

As características que resultam em dados qualitativos como qualidade e repetibilidade da vida das ferramentas devem ser expressas em forma de índices (pesos) para que possam ser calculados posteriormente, conforme exemplo da Tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Índices para os dados qualitativos

<b>Nível de qualidade / repetibilidade</b>	<b>Peso</b>
Muito bom	5
Bom	4
Médio	3
Ruim	2
Muito ruim	1

A classificação apresentada na Tabela 5.2 aplica os maiores pesos as ferramentas com melhor qualidade e melhor repetibilidade, o que implica afirmar que, nesta consideração, as ferramentas de maior importância para serem analisados sob o enfoque da gestão de ferramentas possuem melhor qualidade e repetibilidade. Estes serão os itens com maior probabilidade de serem classificados na categoria A da classificação ABC.

Caso haja necessidade de uma maior fragmentação dos pesos de qualidade e repetibilidade, esta deve ser elaborada por cada empresa a fim de obter pesos que satisfaçam suas necessidades, inclusive com a criação de pesos diferenciados para cada característica, porém, a classificação segundo apresentada é capaz de atender grande parte dos casos.

Os dados quantitativos também devem ser expressos em pesos, de acordo com o exemplo da Tabela 5.3. Neste caso, o peso atribuído a cada ferramenta para o tempo de entrega é correspondente ao próprio tempo de entrega.

Os pesos dos dados quantitativos exibidos na Tabela 5.3 mostram que as ferramentas mais importantes apresentam maior tempo de entrega. Neste caso, estes serão os itens com maior probabilidade de serem classificados na categoria A da classificação ABC.

O terceiro passo para a classificação ABC consiste no cálculo para realizar a classificação ABC. Este processo inicia-se com a multiplicação de todos os dados considerados, obtendo, desta forma, o fator de importância de cada ferramenta, conforme apresentado na Tabela 5.4.

Tabela 5.3 – Índices para os dados quantitativos

Tempo de entrega	Peso
1 dia	1
2 dias	2
3 dias	3
...	...
16 dias	16
17 dias	17
18 dias	18
...	...
58 dias	58
59 dias	59
...	...

Tabela 5.4 – Fator de importância para ferramentas de corte

Ferramenta	Custo [R\$/ferramenta]	Consumo [ferramentas/mês]	Qualidade [índice]	Tempo de entrega [índice]	Repetibilidade [índice]	Fator de importância	Fator de importância [%]
BR001	35	180	5	2	3	189.000	25,2%
BR002	45	38	2	3	3	30.780	4,1%
BR003	35	50	2	3	3	31.500	4,2%
BR004	20	90	3	2	4	43.200	5,8%
BR005	220	36	1	5	4	158.400	21,1%
BR006	20	25	2	3	3	9.000	1,2%
FR001	150	60	4	3	2	216.000	28,8%
FR002	12	40	4	2	3	11.520	1,5%
FR003	35	50	2	2	5	35.000	4,7%
FR004	14	25	2	3	4	8.400	1,1%
FR005	38	10	5	1	2	3.800	0,5%
FR006	120	7	4	4	1	13.440	1,8%
<b>TOTAL</b>						<b>750.040</b>	<b>100,0%</b>

A Tabela 5.4 calcula o fator de importância de cada ferramenta através da multiplicação dos dados de custo e consumo, e dos pesos atribuídos às características de qualidade, tempo de entrega e repetibilidade. As ferramentas com o maior fator de importância são as mais representativas para o processo.

A atribuição dos pesos de cada critério para cada ferramenta é fator determinante no resultado da classificação ABC. Sendo que a atribuição dos pesos é realizada de forma subjetiva, tem-se a necessidade de redobrar a atenção ao efetuar tal tarefa, deixando esta atividade aos cuidados dos funcionários mais qualificados.

A próxima etapa para completar a classificação ABC é dividir as ferramentas em classes, finalizando desta maneira o processo. Esta classificação pode ser visualizada na Tabela 5.5.

Para obter o resultado encontrado na Tabela 5.5, é necessário ordenar o fator de importância e posteriormente efetuar o cálculo acumulado deste fator.

Tabela 5.5 – Classificação ABC de ferramentas de corte

Ferramenta	Fator de importância [%]	Fator de importância acumulado [%]	Classificação ABC
FR001	28,8%	28,8%	A
BR001	25,2%	54,0%	
BR005	21,1%	75,1%	
BR004	5,8%	80,9%	B
FR003	4,7%	85,5%	
BR003	4,2%	89,7%	
BR002	4,1%	93,8%	C
FR006	1,8%	95,6%	
FR002	1,5%	97,2%	
BR006	1,2%	98,4%	
FR004	1,1%	99,5%	
FR005	0,5%	100,0%	
<b>TOTAL</b>	<b>100,0%</b>		

A estratégia adotada para realizar a classificação conforme Tabela 5.5 é baseada no fator de importância acumulado. Os itens que compreendem até 80% deste fator são classificados como itens classe A, e são os itens mais importantes. Os itens que compreendem entre 80 e 90% foram classificados como itens classe B, e são os itens com médio grau de importância, e, por fim, os itens com mais de 90% são classificados como itens classe C.

Neste exemplo, os itens classe A totalizam 3 ferramentas, sendo representados pelos itens FR001, BR001 e BR005. Os itens BR004, FR003 e BR003 são classificados como classe B, e representam os itens com um médio grau de importância, e os 6 itens restantes são classificados como itens classe C.

A estratégia para a definição das classes pode ser alterada adequando-se a cada usuário, dependendo do perfil adotado pela empresa, cabendo a cada uma definir os critérios para a divisão das classes na classificação ABC.

A automatização desta etapa do modelo pode ser gerada a partir de planilhas de cálculo com o uso de macros, ou mesmo com soluções específicas através de programas especialmente desenvolvidos para esta função.

A Etapa 3 do modelo apresenta uma técnica que permite identificar quais são as ferramentas mais importantes sob um aspecto multicritério. Esta identificação juntamente com os dados de cálculo de capacidade são a base para a Etapa 4 do modelo.

#### 5.2.5 Etapa 4 – Geração de um banco de dados através do cruzamento dos dados de Capacidade x Classificação ABC

A geração de um banco de dados através do cruzamento dos dados de capacidade e classificação ABC, obtidos nas etapas 2 e 3, possui o objetivo de identificar as ferramentas classe utilizadas nas operações com necessidade de adequação de capacidade.

A Etapa 2 do modelo identifica quais equipamentos devem sofrer adequação de capacidade, entretanto, esta adequação pode ser abordada de várias maneiras. Uma destas abordagens trata da alteração dos parâmetros de usinagem, porém, resta saber qual ferramenta deve ter seus dados de corte alterados. A resposta a esta pergunta é obtida na Etapa 3, que identifica as ferramentas mais ou menos importantes através da classificação ABC.

O relatório de saída desta etapa consiste numa planilha contendo a operação e a máquina de usinagem, seguida do grau de ocupação e da diferença de horas entre capacidade exigida e capacidade disponível, ferramentas utilizadas em cada operação e a identificação desta ferramenta segundo a classificação ABC.

De acordo com a definição anterior, a Tabela 5.6 ilustra um exemplo de relatório de saída desta etapa.

A interpretação dos dados contidos nesta tabela permite que sejam identificadas as ferramentas classe A das operações que apresentam alguma necessidade de adequação de capacidade.

A seguir serão feitas algumas considerações sobre a forma de análise dos resultados expostos na Tabela 5.6.

A principal análise que se faz necessária é admitir qual grau de ocupação é aceitável. No mundo ideal, este valor deve ser sempre 100%, situação na qual não se tem atrasos de produção pela falta de capacidade nem equipamentos subutilizados. Entretanto, a realidade é muito distante deste fato. Desta maneira, cada empresa deve identificar qual é o valor aceitável para o grau de ocupação.

Tabela 5.6 – Banco de dados: cruzamento dos dados de capacidade × classificação

## ABC

Operação	Máquina/equipamento	Grau de ocupação	Capacidade exigida - capacidade disponível *	Ferramenta	Classificação ABC
10	Torno CNC	77%	-105 horas	BR001	A
10	Torno CNC	77%	-105 horas	BR002	C
10	Torno CNC	77%	-105 horas	BR003	B
10	Torno CNC	77%	-105 horas	BR004	B
20	Fresadora	118%	+87 horas	FR003	B
30	Centro de usinagem	91%	-43 horas	FR001	A
30	Centro de usinagem	91%	-43 horas	FR002	C
30	Centro de usinagem	91%	-43 horas	FR004	C
30	Centro de usinagem	91%	-43 horas	FR005	C
30	Centro de usinagem	91%	-43 horas	FR006	C
30	Centro de usinagem	91%	-43 horas	BR005	A
30	Centro de usinagem	91%	-43 horas	BR006	C

\* os dados referem-se à disponibilidade ou excesso de horas por máquina, e não a cada ferramenta: no exemplo da operação 10 (torno CNC), a máquina possui 105 horas de trabalho ociosas, e não cada ferramenta, o que poderia gerar erro de interpretação caso fossem somadas as horas.

A primeira consideração é que não se deve admitir nenhum valor acima de 100%, pois desta forma corre-se o risco de atrasar a entrega de peças. A segunda é admitir qual o valor mínimo. Este valor deve ser fixado entre 80 e 85%. Esta consideração deve estar em sintonia com os custos de produção. Máquinas pouco utilizadas produzem pouco, e dão baixo retorno financeiro. Portanto, todos os equipamentos devem estar bem dimensionados à necessidade de produção.

A terceira consideração é a necessidade de um número ideal que deve ser o objetivo das empresas. Para que esta decisão seja tomada, é importante lembrar algumas considerações quando efetuado o cálculo de capacidade. A obtenção do mesmo levou em conta praticamente todas as variáveis que possam influenciar na disponibilidade das máquinas, como demanda programada, índices de refugo, produção horária, dados de manutenção e paradas programadas. Com isso seria possível admitir que não haverá distorções entre o grau de ocupação calculado e o que ocorre no chão-de-fábrica, admitindo então o valor de 100% como valor ideal para o grau de ocupação. Esta afirmação pode levar a conclusões errôneas, visto que os dados para o cálculo são algumas vezes uma média histórica

que pode possuir uma alta variação em torno da média utilizada; quanto maior a variação, maior a chance da realidade se afastar do valor calculado.

Outro fator está relacionado a problemas que ocorrem no dia a dia das empresas e que estão excluídos do cálculo de capacidade, como atrasos de fornecedores de materiais, matérias-primas, entre outros. O atraso no fornecimento de peças brutas para a usinagem, por exemplo, prejudica em muito a produção.

Com base nestes dois aspectos, sendo eles a utilização de valores médios dos dados de manutenção e problemas excluídos ao cálculo de capacidade, deve-se admitir um valor abaixo de 100% para o grau de ocupação ideal. A título de didática, o índice de 95% será admitido como valor ideal.

Da mesma forma que nas etapas anteriores, a decisão sobre o valor ideal do grau de ocupação, bem como o valor mínimo e máximo deve estar em sintonia com a estratégia adotada pela empresa, com seus ideais e seus objetivos. Cada operação pode ter objetivos diferentes, equipamentos mais caros podem possuir estratégias mais arrojadas com grau de ocupação acima de 95% a fim de obter um maior aproveitamento do mesmo.

Dando seqüência aos dados da tabela, são apresentados os dados da subtração entre capacidade exigida e capacidade disponível, os códigos das ferramentas utilizadas na operação e a classificação ABC da ferramenta.

A subtração entre capacidade exigida e capacidade disponível facilita a percepção do quanto representa a distorção entre estas capacidades, apresentando esta grandeza em horas. A coluna com o código da ferramenta mostra qual ferramenta é utilizada na operação, e, por último, a coluna com a classificação ABC aponta qual a classe desta ferramenta.

Estes dados da forma que estão dispostos são importantes para definir quantas horas devem ser “retiradas ou acrescentadas” da operação através da alteração de parâmetros de usinagem, ou mesmo através de horas extras, por exemplo. As maneiras de como adequar a divergência entre as capacidades são apresentadas na Etapa 5.

Como sugerido nas outras etapas, a Etapa 4 pode ser realizada automaticamente por meio de planilhas eletrônicas com o uso de macros ou mediante o desenvolvimento de *software* específico.

#### 5.2.6 Etapa 5 – Adequação de capacidade

Dispondo dos dados e definições da etapa anterior, a Etapa 5 consiste de técnicas que possam adequar o grau de ocupação à condição de 95% como definido para fins didáticos.

A efetivação desta etapa resulta no relatório contendo as informações de vida da ferramenta para o caso de alteração da velocidade de corte, ou na descrição das estratégias gerenciais adotadas no caso de alteração de capacidade através de ações gerenciais, como, por exemplo, hora extra.

No processo de usinagem, a adequação de capacidade pode ser realizada muitas vezes, apenas com a adequação dos dados de corte, variando-os dentro do Intervalo de Máxima Eficiência (IME). Primeiro devem ser alterados os dados de corte, dentro da faixa definida pelo IME, com o intuito de adequar o grau de ocupação. Se este recurso não for suficiente, deve-se então partir para ações gerenciais, como hora extra, turno extra, etc.

Os equipamentos que possuem capacidade ociosa, ou grau de ocupação abaixo de 95%, devem ter seu tempo de produção aumentado através da adequação dos parâmetros de corte. De modo geral, resultado da pesquisa de campo, não há relação entre grau de ocupação e parâmetros de corte no chão-de-fábrica. A prática utilizada é adotar sempre a maior velocidade de corte permitida, sem preocupar-se com outros fatores.

A velocidade de corte das ferramentas utilizadas nos equipamentos com índices abaixo de 95% deve ser reduzida para que o tempo de produção seja maior. Desta forma, a vida das ferramentas será melhorada e, conseqüentemente, o custo de produção será reduzido.

Esta alteração deve seguir alguns critérios técnicos.

- A velocidade de corte deve ser alterada até atingir um tempo de produção que gere 95% de ocupação, nunca um valor maior que este;
- A alteração da velocidade de corte deve obedecer ao índice de máxima eficiência (IME). Nenhum valor de velocidade de corte pode ser definido fora do IME;
- Deve-se selecionar a ferramenta classe A da operação, ou seja, a ferramenta mais cara para a produção. Assim, a alteração dos dados de corte recai sobre a ferramenta mais cara e com maior tempo de entrega, reduzindo o custo das ferramentas mais caras e também a necessidade de compra das ferramentas com maior tempo de entrega. Caso a alteração da velocidade de corte da ferramenta classe A dentro do IME não gere uma capacidade adequada, deve ser escolhida uma outra ferramenta classe A, até que seja atingido o índice de 95%. Na falta de ferramentas classe A deve-se trabalhar com ferramentas classe B, e, posteriormente, as ferramentas classe C.

Mesmo que estas alterações não consigam atingir o objetivo com um índice de 95% de ocupação, elas devem ser realizadas, pois os custos com ferramentas serão melhorados.

Como exemplo, serão utilizados os dados da Tabela 5.6. O torno CNC que realiza a operação 10 possui 77% de ocupação, e utiliza quatro ferramentas. A adequação de capacidade deve ser feita com alteração da velocidade de corte da ferramenta classe A, a BR001, utilizando, para isso, a  $V_{c_0}$  (velocidade de corte com mínimo custo). Depois de realizada esta alteração, deve-se medir a nova produção horária, atualizar o dado e medir o resultado final através do grau de ocupação. Este procedimento deve ser repetido até que se chegue ao resultado desejado. Na hipótese de que esta alteração não tenha sido suficiente para atingir os 95%, é necessário selecionar a ferramenta classe B (BR002 ou BR004) e proceder da mesma forma.

Nos equipamentos sobrecarregados, acima de 95% de ocupação, é necessário aumentar a velocidade de corte até o  $V_{c_{mxp}}$  (velocidade de corte de máxima produção) para que se tenha aumento de produção, e deste modo reduzir o grau de utilização. Nesta análise, ao contrário do ocorrido anteriormente, o custo com ferramentas irá crescer. Esta alteração deve seguir os mesmos critérios, diferenciando-se no seguinte aspecto: deve-se selecionar uma ferramenta classe C para a adequação de capacidade. Esta ferramenta possui um baixo custo e um pequeno tempo de entrega, portanto, a alteração dos seus dados de corte minimiza o aumento dos custos. Isto gera menores problemas de entrega devido ao baixo tempo de reposição.

Em suma, nos equipamentos ociosos faz-se necessário trabalhar os dados de corte das ferramentas classe A, e nos equipamentos gargalo, deve-se trabalhar dados de corte das ferramentas classe C.

Não será surpresa encontrar dificuldade para conseguir melhorar a velocidade de corte, tendo em vista que a prática comum é optar por velocidades de corte próxima ou no limite da  $V_{c_{mxp}}$ . Nestes casos cabe recorrer a outras formas de adequação de capacidade, como horas extra, aquisição de máquinas mais eficientes, ferramentas de corte mais eficientes, dentre outras.

Para que seja respeitada a vida útil das ferramentas após a alteração dos parâmetros de corte, o ideal é que haja um bom nível de automação nas máquinas. Esta consideração permite que a própria máquina avise quando ocorre necessidade de troca de ferramenta. Um bom treinamento operacional também resulta na melhoria de acertos quanto ao momento ideal para efetuar a troca das ferramentas, conforme descrito no Capítulo 2.

Como resultado desta etapa, deve-se medir a nova vida da ferramenta e atualizar este valor nas fichas de processo que são disponibilizadas à produção, bem como atualizar os novos valores dos dados de corte.

Diferente das outras etapas, esta requer mais trabalho, demanda tempo e conhecimentos específicos, e por este motivo deve ser realizado por pessoal especializado. Tanto a decisão da velocidade de corte que será usada, quanto o preenchimento e atualização das fichas de processo, devem ser de responsabilidade do analista, visto a dificuldade de encontrar um algoritmo que defina qual a velocidade de corte deve ser usada em cada situação.

Este trabalho deve ser realizado sempre que alguma etapa anterior for alterada e resultar em grau de ocupação incompatível com as estratégias traçadas pela empresa.

A gestão técnica – cálculo de capacidade, classificação ABC e técnicas para alteração dos dados de corte – cria uma sistemática, através de procedimentos técnicos e gerenciais que dimensionam o uso das ferramentas de corte conforme as necessidades de demanda, sem dados de corte abusivos em máquinas com baixo grau de ocupação.

Completada esta etapa, o próximo passo é descrever a gestão administrativa, que corresponde à Etapa 6 do modelo.

#### 5.2.7 Etapa 6 – Dimensionamento do estoque de ferramentas

Frente ao trabalho realizado em todas as etapas anteriores, esta última é o que se pode chamar do dimensionamento propriamente dito, com o cálculo de todos os parâmetros de ressurgimento necessários para que seja definida uma quantidade de ferramentas em estoque que atenda tanto a produção – não permitindo paradas pela falta de ferramentas – quanto as premissas de custo – não onerando o estoque ao ponto de comprometer capital de investimento parado com ferramentas em excesso no estoque.

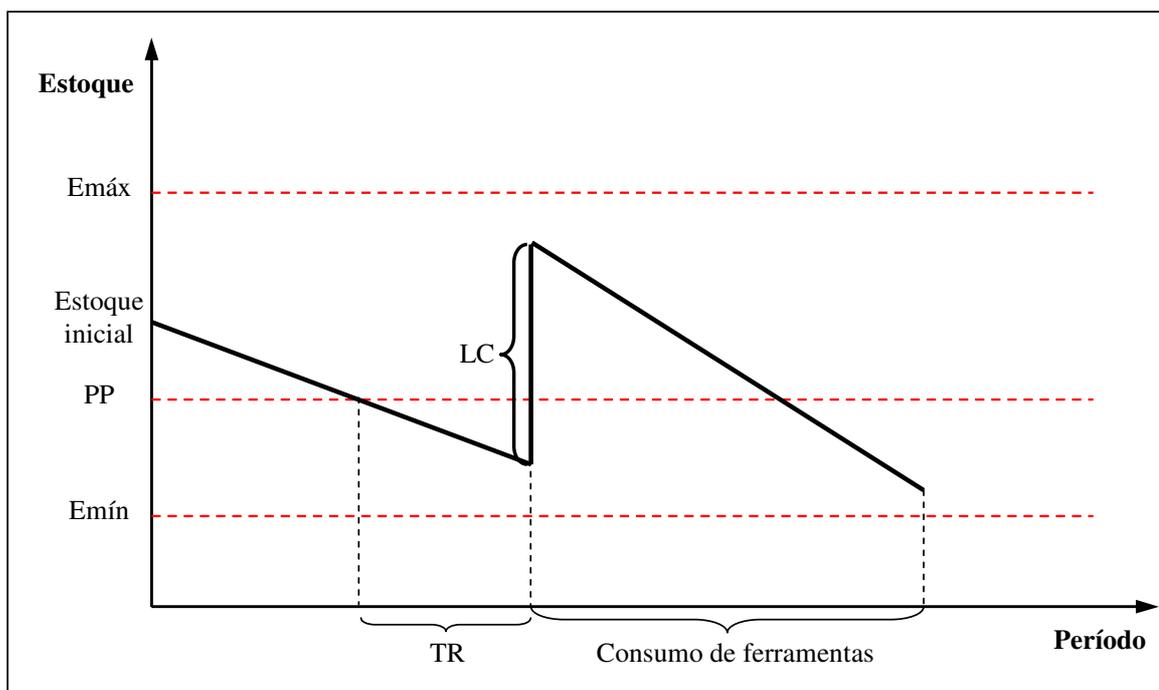
Esta etapa é dividida em duas, a Etapa 6a, que trata do dimensionamento do estoque de ferramentas com a definição dos parâmetros de ressurgimento, e a Etapa 6b, que trata da disponibilidade de ferramentas para a produção e de critérios relacionados à manutenção de ferramentas de corte na forma de reafiação, revestimento, etc. Estas etapas são procedimentos gerenciais e técnicos relacionados entre si, cuja meta comum é a determinação do estoque de ferramentas.

A Etapa 6a trata da definição dos parâmetros de ressurgimento através do sistema LEC, conforme definido no Capítulo 2.

Para facilitar a interpretação do resultado obtido com o uso do LEC, é apresentado o gráfico da Figura 5.3. Por meio deste exemplo torna-se mais simples entender a função de cada parâmetro dentro do contexto do dimensionamento.

Com base neste exemplo, será explicado o funcionamento do sistema LEC:

A partir de um estoque inicial, as ferramentas são consumidas até atingir o valor determinado por PP (ponto de pedido). Quando o estoque real de ferramentas é o mesmo que PP, dá-se início ao processo de aquisição de novas ferramentas. O tempo que estas novas ferramentas levam para chegar ao estoque é definido por TR. Corrido o tempo TR, as novas ferramentas chegam e são adicionadas ao estoque. A quantidade de ferramentas compradas por pedido de compra é definida pelo valor calculado LC.



Fonte: SLACK, 2002, p.397 - adaptado

Figura 5.3 – LEC para ferramentas de corte

São definidos ainda dois parâmetros limites que garantem o perfeito funcionamento do sistema LEC. O Emáx (estoque máximo) limita a quantidade de estoque em um patamar que garante uma vantagem econômica, não permitindo que sejam estocadas ferramentas em excesso que possam causar problemas de ordem financeira. Por outro lado, o Emín (estoque mínimo) garante que seja mantido um estoque mínimo que não deixe faltar ferramentas à produção.

A definição destes parâmetros é obtida através das equações descritas no Capítulo 2, sendo desnecessário reescrevê-las neste capítulo.

Ao estoque mínimo é adicionado um fator de segurança que mantém um estoque um pouco maior do que o calculado, e que busca absorver qualquer tipo de problema que possa ocorrer, como aumento no consumo de ferramentas devido a quebras excessivas (variação de consumo de ferramentas durante TR), ou pelo atraso no fornecimento (variação

do tempo de entrega TR). Este fator de segurança deve ser avaliado para cada ferramenta, levando-se em conta o histórico de quebras, o grau de confiança no fornecedor e seu comprometimento com o *lead time* de entrega de ferramentas novas, o tempo de retorno das ferramentas enviadas para manutenção, etc. No decorrer do tempo, o fator de segurança deve ser reavaliado, e analisado a possibilidade de redução deste índice. Porém, esta atitude deve estar embasada em certezas de mercado, na confiança adquirida com fornecedores parceiros e nos históricos de entrega tanto das ferramentas novas quanto das ferramentas enviadas à manutenção.

O sistema LEC funciona perfeitamente para as ferramentas que são utilizadas apenas uma vez e depois descartadas, bastando, para isso, criar um estoque que pode ser chamado de “estoque de ferramentas em uso”, ou seja, um controle da quantidade de ferramentas que estão espalhadas no chão-de-fábrica. Para estas ferramentas, o estoque total deve ser a soma do estoque de ferramentas novas mais o estoque de ferramentas do chão-de-fábrica. Quando a soma destes dois estoques igualar-se a PP, então deve-se proceder a compra de ferramentas novas.

Entretanto, para o dimensionamento do estoque das ferramentas que precisam de manutenção, há necessidade de criar um segundo controle. Sempre que as ferramentas são enviadas para a manutenção há baixa no estoque. Desta maneira o sistema pode entender que estão faltando ferramentas e pode gerar uma nova ordem de compra para suprir esta carência. Assim, cada ferramenta enviada para a manutenção deve abastecer um estoque chamado de “estoque de ferramentas em manutenção”. Para estas ferramentas, o estoque total será a soma do estoque de ferramentas novas mais o estoque de ferramentas em uso mais o estoque de ferramentas em manutenção. Deste modo, o sistema só irá informar a necessidade de compra de novas ferramentas caso estes três estoques forem baixos o suficiente a ponto de igualar-se à quantidade calculada para PP. Isto evita que sejam abertas novas ordens e o estoque máximo seja ultrapassado. Os possíveis atrasos que podem ocorrer por parte do fornecedor dos serviços de manutenção são cobertos pelo estoque de segurança (Emín).

Para a empresa pesquisada é proposto um estoque de segurança de 30% em função de um consumo mensal. O estoque de segurança de 30% atende aproximadamente 10 dias de produção, garantindo o abastecimento até que as ferramentas reafiadas ou revestidas sejam entregues. Este número torna-se extremamente conservador frente às respostas obtidas na pesquisa de campo, onde as ferramentas enviadas para manutenção retornam para a empresa no prazo máximo de quatro dias, nos casos de revestimento.

O processo de aquisição de novas ferramentas inicia-se com um alerta do sistema, informando a necessidade das mesmas, que pode ser o envio de um e-mail ao comprador para que este proceda com a compra. É possível ainda que o próprio sistema gere a ordem de compra automaticamente, porém, a liberação para que esta ordem ocorra de fato deve ser decisão do comprador, que, neste caso, precisa somente aprovar a ordem criada pelo sistema. Esta segurança deve existir, pois somente o comprador deve possuir autoridade para efetivar uma compra.

Apesar de desconsiderada como método de dimensionamento eficiente, a técnica de aquisição de ferramentas através de médias históricas pode e deve ser utilizada para balizamento dos dados obtidos com o LEC. O método de médias históricas pode servir para comparações e verificação de algumas ordens de compra duvidosas, servindo de referência como fonte de validação, se necessário.

Os parâmetros de ressurgimento determinados por meio das equações descritas no Capítulo 2 devem ser automaticamente atualizados quando forem alteradas quaisquer variáveis do sistema. Qualquer alteração na demanda de peças incide na alteração de todos os dados do modelo, influenciando desde o cálculo de capacidade até os parâmetros de ressurgimento, gerando a necessidade de retrabalhar os dados de corte para a adequação de capacidade, conforme Etapa 5 do modelo.

Para que todos tenham acesso às variáveis de ressurgimento geradas pelo sistema, a empresa deve dispor de um banco de dados único que contenha todas as informações. O acesso a estas informações pode ser disponibilizado a todos os usuários que participam do processo, restringindo apenas os níveis de acesso. Funcionários da engenharia, por exemplo, devem ter acesso ilimitado sobre as informações de vida útil de ferramentas, podendo inclusive alterar dados. A alteração dos dados de custo de ferramentas deve ser restrita ao setor de custos ou compras, e assim sucessivamente. Esta alternativa muitas vezes requer investimentos altos com alterações nos bancos de dados, além do risco de gerar transtorno ou desentendimento entre setores, já que alguns setores podem entender esta ação como um monitoramento das suas atividades. Cabe a decisão a cada empresa, definindo como agir diante desta necessidade.

Independentemente da forma com que os dados sejam compartilhados, as informações necessárias para o cálculo dos parâmetros de ressurgimento: demanda de produção, custo de armazenamento das ferramentas, custo do pedido de compra, preço de compra e tempo de reposição das ferramentas novas devem ser alimentadas automaticamente no sistema LEC sempre que houver qualquer alteração no banco de dados. Este *link* garante

que o sistema LEC não ficará desatualizado face aos dados demandados de outros setores. Por outro lado, todos devem estar cientes que as alterações acarretam mudanças nos níveis de estoque, exigindo atenção redobrada na manutenção e atualização do banco de dados.

Do mesmo modo, as variáveis de consumo de ferramentas e vida útil devem ser abastecidas em um banco de dados que disponibiliza estas informações ao sistema LEC.

Uma vez que este processo é implementado, qualquer mudança de mercado, qualquer mudança estratégica da empresa pode facilmente ser retrabalhada no chão-de-fábrica, adequando o estoque de ferramentas quase que instantaneamente às novas necessidades.

A completa funcionalidade desta etapa de forma automatizada deve ser realizada através de um *software* específico, desenvolvido por empresas especializadas em *softwares* de gestão, visto a quantidade de informações manipuladas, a demanda de cálculos e as ocorrências especiais, como no caso de ferramentas em manutenção, além das particularidades apresentadas por cada empresa.

A Etapa 6b desta proposta aborda duas necessidades complementares e fundamentais ao bom funcionamento do dimensionamento do estoque de ferramentas, (1) a forma de como estas ferramentas são disponibilizadas para a produção e (2) o tratamento dado às ferramentas que são enviadas para a manutenção.

Logo que se detém as ferramentas de corte sob um estoque controlado, a próxima necessidade é dispor estar ferramentas para uso no chão-de-fábrica. Com base na revisão bibliográfica através da afirmação de Khator & Leung (1994) no Subcapítulo 2.6 e nos resultados obtidos na pesquisa de campo, será proposta uma alternativa comprovadamente eficaz, visto sua aplicação com sucesso na empresa pesquisada.

Cada operação possui um estoque de ferramentas em uso, que são a ferramenta dentro da máquina de usinagem, uma segunda ferramenta ao lado da máquina e uma terceira pronta para ser montada, ou mesmo montada no *preset*. As máquinas de usinagem possuem do seu lado uma estante que é o local onde a segunda ferramenta fica aguardando até que seja utilizada (Figura 5.4). As ferramentas novas são identificadas por possuir a etiqueta de *preset*, as ferramentas usadas, por sua vez, não possuem esta identificação (Figura 5.5).

Assim que a ferramenta em operação tem sua vida útil esgotada, ou haja necessidade de troca devido à quebra, a segunda ferramenta ao lado da máquina entra em operação. A ferramenta utilizada vai para a estante ao lado da máquina e aguarda o responsável pela substituição da ferramenta usada por uma nova ou reafiada/revestida. O responsável pela troca transporta a terceira ferramenta do *preset* com um carrinho (Figura 5.6)

até a máquina, retira a ferramenta usada e dispõe a ferramenta em condições de uso na estante. A frequência ideal com que este funcionário deve circular entre as máquinas para verificar a necessidade de troca de ferramentas deve ser definida com o tempo, por meio da experiência adquirida.



Figura 5.4 – Estante para armazenamento de ferramentas ao lado da máquina

Porém, em alguns casos este sistema pode ser falho. Pode-se pensar no caso em que a ferramenta substituída é logo quebrada na primeira peça, e a terceira ferramenta ainda não está disponível ao lado da máquina. A necessidade da terceira ferramenta, neste caso, deve ser anunciada pelo operador. Este trabalho pode ser feito com o deslocamento do operador até o *preset* ou mediante instalação de um sinalizador alfanumérico dentro do *preset* que indique a necessidade de atendimento naquele posto.

A utilização deste método garante o abastecimento das máquinas segundo a necessidade individual de cada operação, sendo necessária apenas a determinação da frequência de troca pela pessoa responsável. No início esta frequência deve ser maior, onerando o responsável pela atividade com mais trabalho, todavia, à medida que o processo torna-se conhecido, a frequência automaticamente tende a alinhar-se apenas com as necessidades de troca.

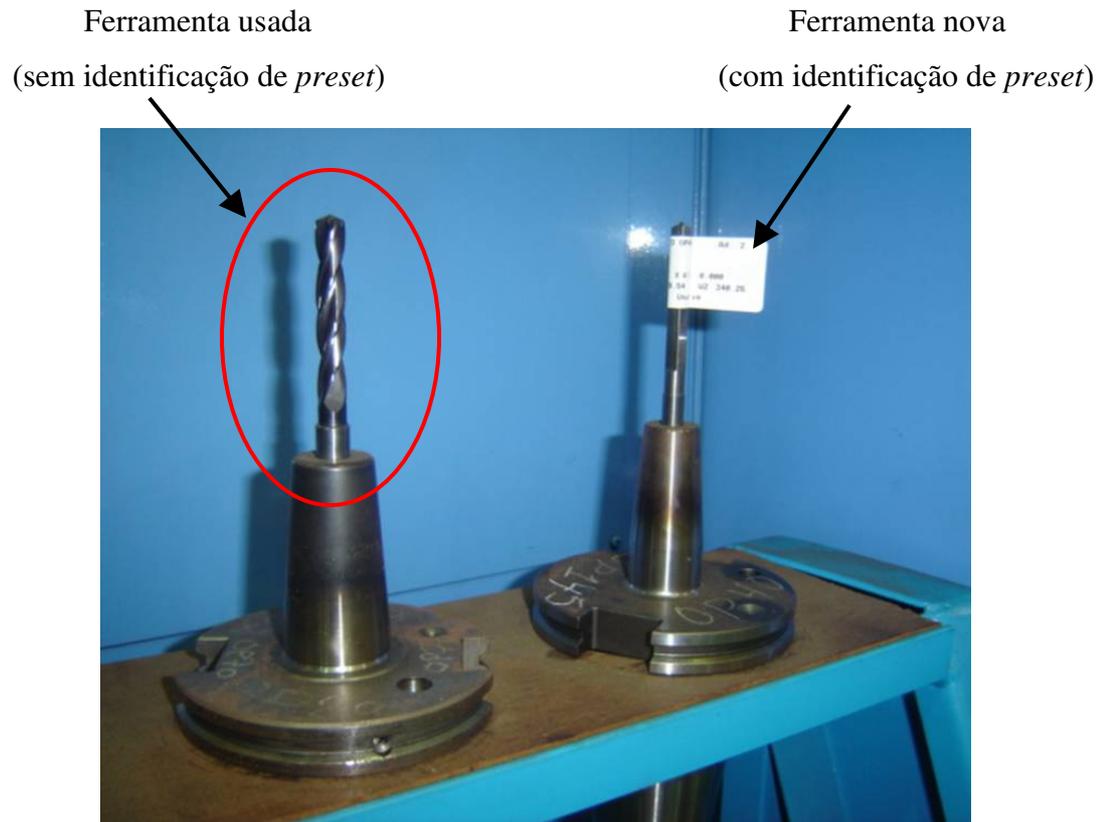


Figura 5.5 – Identificação de ferramenta nova através da etiqueta de *preset*



Figura 5.6 – Carrinho para transporte de ferramentas

A ferramenta utilizada que retorna ao *preset* pode sofrer várias tratativas diferentes. Esta pode ser descartada, enviada para a manutenção ou mesmo retornar à máquina caso não tenha sido totalmente utilizada. Nos dois primeiros casos, uma outra ferramenta é retirada do estoque, é montada e passa a ser a “terceira ferramenta”, como descrito anteriormente, dando início a um novo ciclo.

O segundo fator abordado na Etapa 6b é o tratamento dado às ferramentas que são enviadas para a manutenção. Com relação ao dimensionamento do estoque, o problema é resolvido com a criação de um estoque de ferramentas em manutenção, porém, no que se refere aos custos das ferramentas, ainda ocorrem problemas, já que estas ferramentas não podem mais entrar no estoque com o custo de uma ferramenta nova.

Com base no exposto, e nos resultados obtidos com a pesquisa de campo, o tratamento desta questão pode ser abordado com a seguinte proposta: toda ferramenta enviada para a manutenção deve ter adicionada ao seu código uma numeração informando o número de vezes que esta ferramenta foi reafiada, por exemplo. Tal numeração serve tanto para o controle dos custos de produção para efeito de depreciação da ferramenta como para o armazenamento no estoque. As ferramentas que retornam da manutenção devem ser as primeiras a serem reutilizadas, criando uma rotina para rotatividade (FIFO) e não correndo o risco de perdê-las por deteriorização.

O uso destes conceitos simples e objetivos proporciona ganhos bastante significativos, permite um controle eficiente dos custos e garante a utilização das ferramentas que sofreram manutenção e que se encontram estocadas.

#### 5.2.8 Sumário sobre a gestão do estoque de ferramentas

O nível de estoque de ferramentas é controlado através de parâmetros de ressurgimento calculados a partir de uma técnica comprovadamente eficiente por diversos autores, conforme Capítulo 2.

Antes da definição dos parâmetros de ressurgimento são propostas técnicas para o cálculo de capacidade, classificação ABC de ferramentas e meios para adequação de capacidade por meio da alteração dos dados de corte. Estas técnicas possibilitam utilizar as ferramentas de acordo com a necessidade de produção solicitada pelo cliente, permitindo maior certeza quanto a validade e confiabilidade dos parâmetros de ressurgimento.

A diversidade de características técnicas, funcionais, estratégicas e gerenciais das empresas inviabiliza um modelo sistemático único para todas, exigindo assim uma

flexibilidade de escolha dos parâmetros, embora em nenhum momento a identidade central da proposta tenha sido extraviada, eximindo o risco de se perder a capacidade de sistematização.

Todas as empresas de usinagem de ferro fundido, sendo empresas de auto-peças ou não, que apresentem características semelhantes à empresa foco deste trabalho são passíveis de excelentes resultados devido à consistência das informações utilizadas para tal projeto, seja pelo fato de serem amplamente difundidas por diversos autores ou pela comprovada eficácia no chão-de-fábrica, como apontam os resultados da pesquisa de campo.

Entretanto, a eficácia deste trabalho para empresas fora da abrangência especificada deve ser estudada e comprovada com pesquisas que venham ao encontro com esta expectativa.

A comprovação da eficácia do sistema LEC frente ao sistema MRP e método de Médias Históricas pode ser realizada através de simulação em planilhas de cálculo. Os dados e resultados gerados a partir desta simulação são apresentados no capítulo seguinte.

## 6 AVALIAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

### 6.1 Apresentação dos resultados

A pesquisa qualitativa permitiu identificar um notório número de informações válidas para a construção do modelo, obtendo informações que dificilmente seriam descobertas sem o uso de uma metodologia de pesquisa adequada. Por meio da pesquisa de campo foi possível verificar que o gerenciamento de ferramentas, principalmente relacionado ao dimensionamento do estoque, não ocorre de forma sistematizada na empresa laboratório, resultando em problemas como excesso ou falta de ferramentas nos estoques e, conseqüentemente, comprometendo a produtividade no chão-de-fábrica.

A comparação entre os dados apresentados no referencial e os dados coletados na empresa permite concluir que a mesma possui melhores resultados quanto à obsolescência de ferramentas. Os R\$800 mil de itens inativos da empresa pesquisada correspondem a 23% do total em estoque, resultado melhor do que os 50% de itens obsoletos apresentado no referencial, porém, este índice deve ser considerado muito elevado, tendo em vista o capital empatado em estoque. Este trabalho limita-se a entender este fato e alertar os altos custos gerados com a ocorrência de itens inativos, sem uma proposta direta para a solução deste problema, contudo, o método de gestão proposto nesta dissertação pode auxiliar para que este número de itens inativos não aumente.

Já o tempo de produção perdido pela falta de ferramentas não pode ser verificado na empresa em estudo, mas estima-se que seja inferior a 5%, segundo relatos dos entrevistados durante a pesquisa de campo. Com o presente trabalho as paradas de máquinas por falta de ferramentas são eliminadas, visto o estoque de segurança que é mantido.

O uso do modelo em empresas com características semelhantes é avaliado de forma positiva. As características de adequação, aprimoramento e ajustes conferem ao modelo flexibilidade suficiente para as empresas formalizarem seus requisitos a fim de resguardar a identidade da empresa. Contudo, a abrangência que se propõe o modelo deve ser preservada. É permitido à empresa que deseja usufruir desta proposta variação nos níveis das características de: 1) alta demanda: podendo haver variação nos níveis de demanda, 2) elevada variedade de itens em produção: podendo haver variação no *mix* de produção, 3) variação de demanda: havendo maior ou menor solicitação da alteração de demanda por parte do cliente. O modelo proposto não garante que o resultado da sua aplicação em empresas sem alguma das três características citadas permita obter os melhores resultados técnicos e

financeiros. Essa afirmação só é possível com trabalhos futuros que venham ao encontro dessa expectativa.

Para a validação do trabalho, foi realizada uma simulação em planilhas de cálculo com a finalidade de comparar os resultados da proposta deste trabalho, ou o uso do sistema LEC, com o sistema MRP e com o método de médias históricas que é adotado na empresa laboratório. A simulação é feita sobre um horizonte de tempo de um ano.

São avaliadas duas incógnitas importantes. A primeira é a alteração de demanda que ocorre por solicitação dos clientes, e a segunda é a variação da vida da ferramenta. Cada incógnita é simulada segundo uma variação pequena, média e grande. Para que o efeito individual da variação de uma incógnita seja percebido, é necessário fixar o valor da outra.

Desta maneira, ao final, foram geradas cinco simulações:

*Simulação 1 - Pequena variação de demanda e pequena variação de vida da ferramenta*

*Simulação 2 - Média variação de demanda e pequena variação de vida da ferramenta*

*Simulação 3 - Grande variação de demanda e pequena variação de vida da ferramenta*

*Simulação 4 - Pequena variação de demanda e média variação de vida da ferramenta*

*Simulação 5 - Pequena variação de demanda e grande variação de vida da ferramenta*

As informações referentes à “média variação” utilizadas para realizar a simulação são baseadas em dados coletados na empresa laboratório, impondo uma situação na qual a necessidade de adaptação do estoque de ferramentas em função da solicitação do cliente e da variação da vida útil das ferramentas ocorre sistematicamente. Os dados relativos à pequena e grande variação foram escolhidos aleatoriamente para simular duas situações em que houvesse maior e/ou menor variação das incógnitas.

Cada método possui um custo de execução, seja este o custo de máquina parada devido à falta de ferramentas ou pelo estoque excessivo de ferramentas. Assim, o método com maior eficiência apresenta-se com menor custo de execução, somados os custos de parada de máquina e os custos com manutenção do estoque de ferramentas.

Para realizar a simulação, foram considerados:

- custo de ferramenta: 320,00R\$/ferramenta;
- custo de duas máquinas ISO50 paradas por falta de ferramenta: 200,00R\$/hora;
- *lead time* de entrega de ferramentas novas: 30 dias;
- demanda contratada de peças: 60.000 peças/ano, ou 5.000 peças/mês;
- vida da ferramenta: 80 peças/ferramenta;
- regime de trabalho: quatro turnos, ou, 720 horas/mês;

- estoque de segurança: 30%.

A Tabela 6.1 e Tabela 6.2 apresentam respectivamente os dados de demanda e vida útil de ferramentas considerados para os cálculos do custo de execução de cada sistema.

Tabela 6.1 – Dados de demanda para simulação

Pequena variação de demanda (dados aleatórios)													
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Soma
<b>Demanda real [peças/mês]</b>	5.000	5.000	5.000	5.400	5.800	5.600	5.000	5.000	4.800	4.800	4.800	4.400	<b>60.600</b>
<b>Demanda prevista [peças/mês]</b>	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	<b>60.000</b>

Média variação de demanda (dados coletados na empresa laboratório)													
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Soma
<b>Demanda real [peças/mês]</b>	5.200	5.400	5.400	5.600	5.600	5.600	5.400	5.000	4.600	4.600	4.400	4.200	<b>61.000</b>
<b>Demanda prevista [peças/mês]</b>	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	<b>60.000</b>

Grande variação de demanda (dados aleatórios)													
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Soma
<b>Demanda real [peças/mês]</b>	4.600	4.600	5.400	5.800	6.000	6.000	5.600	5.500	5.500	4.600	4.400	4.000	<b>62.000</b>
<b>Demanda prevista [peças/mês]</b>	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	<b>60.000</b>

Tabela 6.2 – Dados de vida útil de ferramentas para simulação

Pequena variação na vida útil das ferramentas (dados aleatórios)																
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
<b>Vida real [peças/ferramenta]</b>	75	90	90	75	85	75	75	90	70	70	85	90	70	90	70	80
<b>Vida prevista [peças/ferramenta]</b>				80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
<b>Vida média - três meses [peças/ferramenta]</b>				85	85	83	78	78	80	78	77	75	82	82	83	81

Média variação na vida útil das ferramentas (baseado nos dados coletados na empresa laboratório)																
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
<b>Vida real [peças/ferramenta]</b>	75	95	90	70	85	70	70	95	70	70	70	90	70	95	70	79
<b>Vida prevista [peças/ferramenta]</b>				80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
<b>Vida média - três meses [peças/ferramenta]</b>				87	85	82	75	75	78	78	78	70	77	77	85	79

Grande variação na vida útil das ferramentas (dados aleatórios)																
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
<b>Vida real [peças/ferramenta]</b>	70	95	90	70	65	70	70	95	65	70	70	95	70	95	70	77
<b>Vida prevista [peças/ferramenta]</b>				80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
<b>Vida média - três meses [peças/ferramenta]</b>				85	85	75	68	68	78	77	77	68	78	78	87	77

Com base nos dados apresentados, foram realizados os cálculos conforme explicação a seguir. A explanação dos procedimentos será feita apenas sobre os dados da *Simulação 1*, subentendendo que as outras simulações utilizaram a mesma metodologia.

Os cálculos exibidos (Tabela 6.3 e Tabela 6.4) são necessários para obter os custos com o excesso de ferramentas em estoque e o custo com máquinas paradas para o

sistema MRP e Médias Históricas. O custo de execução do sistema LEC é realizado segundo as equações apresentadas no Capítulo 2. Estes custos serão apresentados na seqüência.

Tabela 6.3 – Quantidade de ferramentas adquiridas segundo cada modelo

Simulação 1 - Quantidade de ferramentas adquiridas segundo cada modelo																
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Soma
<b>Sistema MRP</b>				63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	563
<b>Método de Médias Históricas</b>				57	58	60	64	66	68	72	72	70	61	60	58	586
<b>Necessidade real de ferramentas</b>	64	53	53	67	59	67	72	64	80	71	59	53	69	53	63	592

O primeiro passo foi calcular a quantidade de ferramentas que seria comprada segundo cada método, e compará-los com a necessidade real, conforme Tabela 6.3.

Após este cálculo, realizou-se a comparação entre as necessidades adquiridas por cada modelo com a necessidade real de ferramentas, apresentados na Tabela 6.4.

Tabela 6.4 – Comparação quantidade de ferramentas adquiridas x necessidade real

Simulação 1 - Comparação entre quantidade de ferramentas adquiridas e necessidade real													
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Soma
<b>Necessidade real x MRP</b>	-4	4	-4	-10	-2	-18	-9	4	9	-6	9	0	-30
<b>Necessidade real x Médias históricas</b>	-10	-1	-7	-8	1	-12	1	13	17	-7	7	-4	-6

Os dados da Tabela 6.4 mostram a falta ou excesso de ferramentas em estoque. O número negativo indica que houve falta de ferramenta para a produção, ocorrendo parada de máquina. O número positivo mostra que houve excesso de ferramentas em estoque além da necessidade real. Cada fato deste ocorre em um custo para a empresa. Desta forma, foram calculados os custos e apresentados na Tabela 6.5.

Como mencionado, o sistema LEC possui uma forma diferente para calcular o custo de execução. Tal sistema, em razão do seu próprio método de trabalho, garante que nunca haverá parada de máquina devido à falta de ferramentas. Para assegurar essa afirmação, o modelo utiliza um estoque de segurança, sendo este o custo para manter o sistema LEC em funcionamento. Para o cálculo foi considerado um estoque mínimo de ferramentas de 30% em função da demanda e da vida previstas. O custo do sistema LEC é destacado na Tabela 6.6.

Com base na descrição anterior, são apresentados os resultados das cinco simulações (Figura 6.1, Figura 6.2, Figura 6.3, Figura 6.4, Figura 6.5, Figura 6.6, Figura 6.7, Figura 6.8, Figura 6.9, Figura 6.10) referentes às análises de custo de execução de cada simulação.



*Simulação 1 - Pequena variação de demanda e pequena variação de vida da ferramenta*

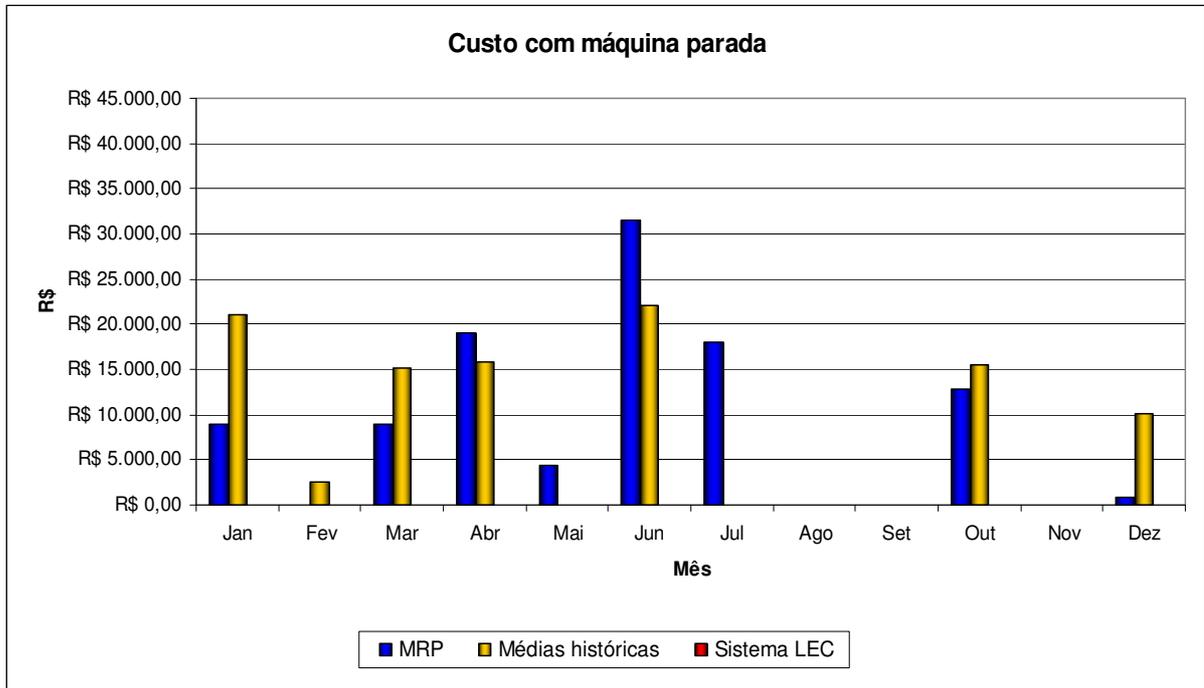


Figura 6.1 – Custo com máquina parada para Simulação 1

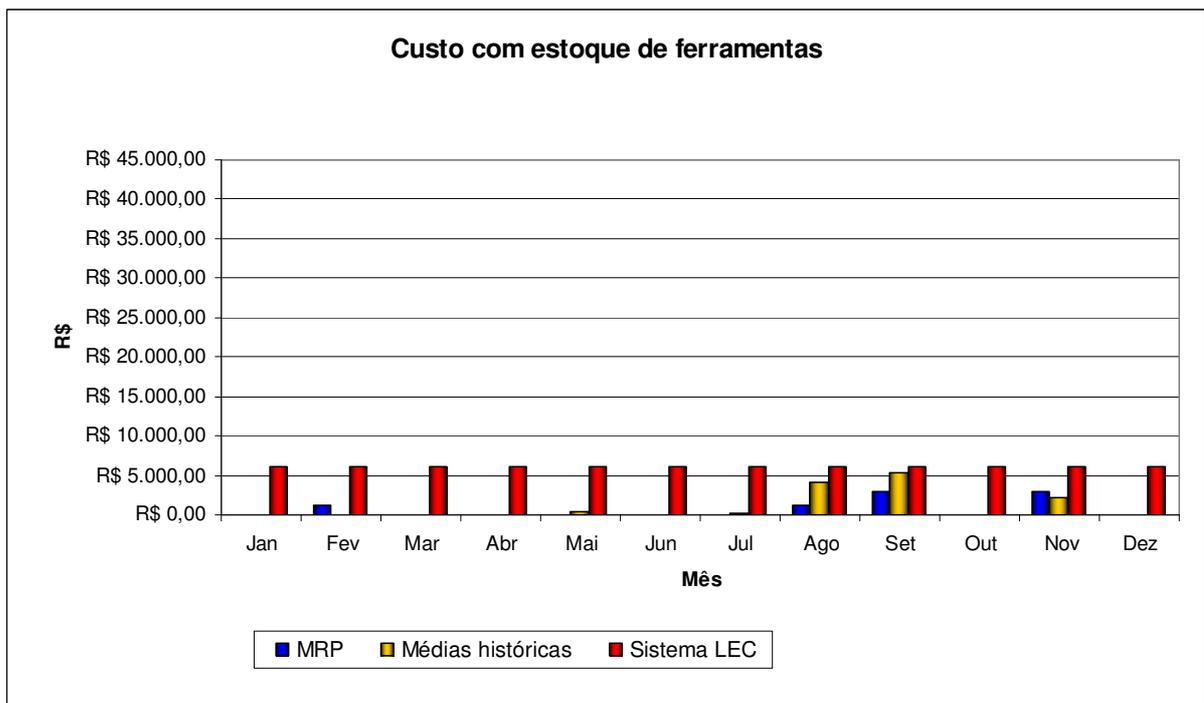


Figura 6.2 – Custo com estoque de ferramentas para Simulação 1

*Simulação 2 - Média variação de demanda e pequena variação de vida da ferramenta*

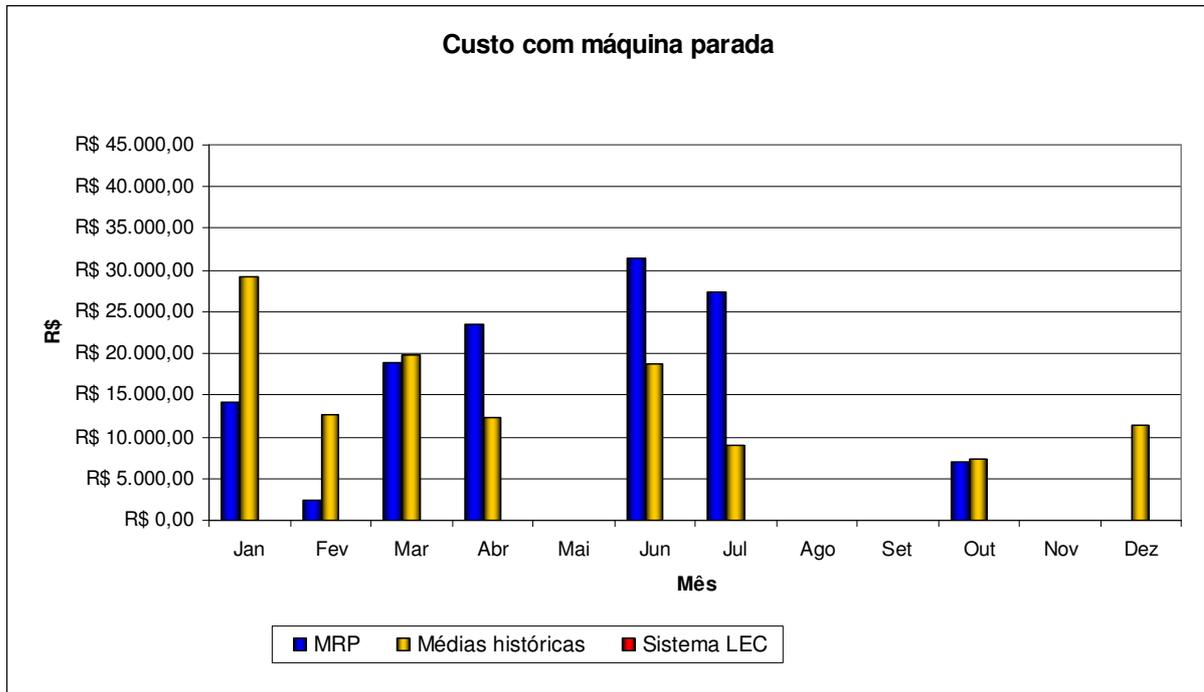


Figura 6.3 – Custo com máquina parada para Simulação 2

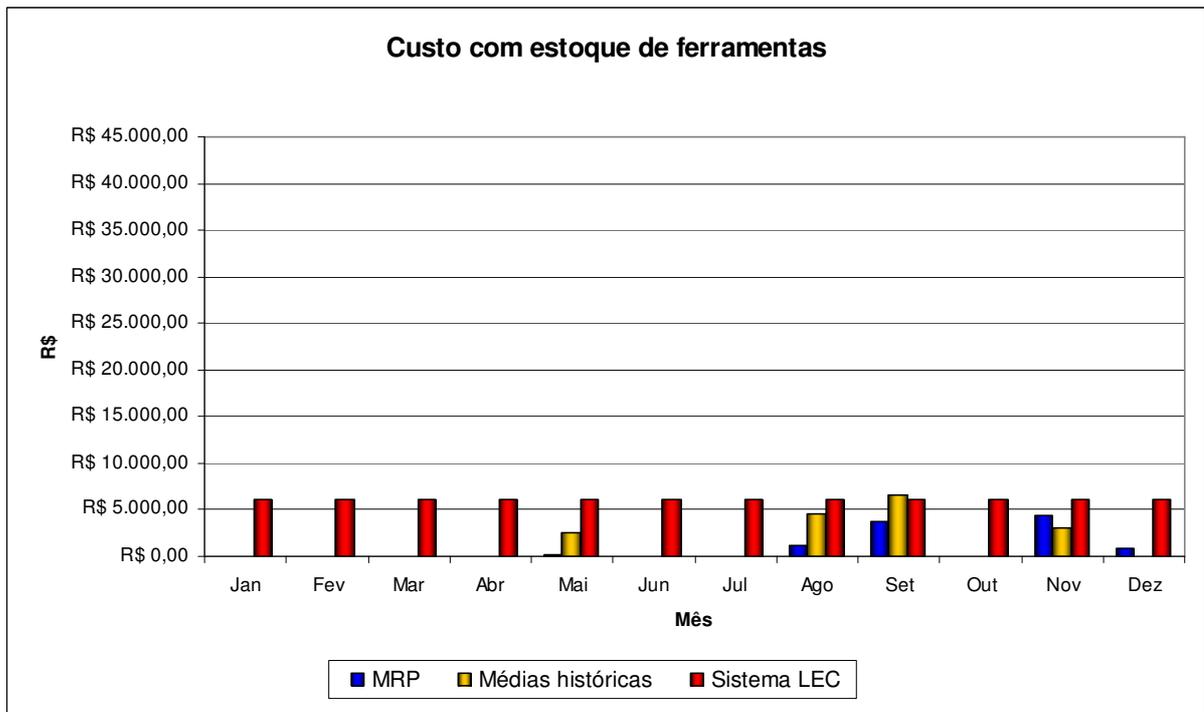


Figura 6.4 – Custo com estoque de ferramentas para Simulação 2

Simulação 3 - Grande variação de demanda e pequena variação de vida da ferramenta

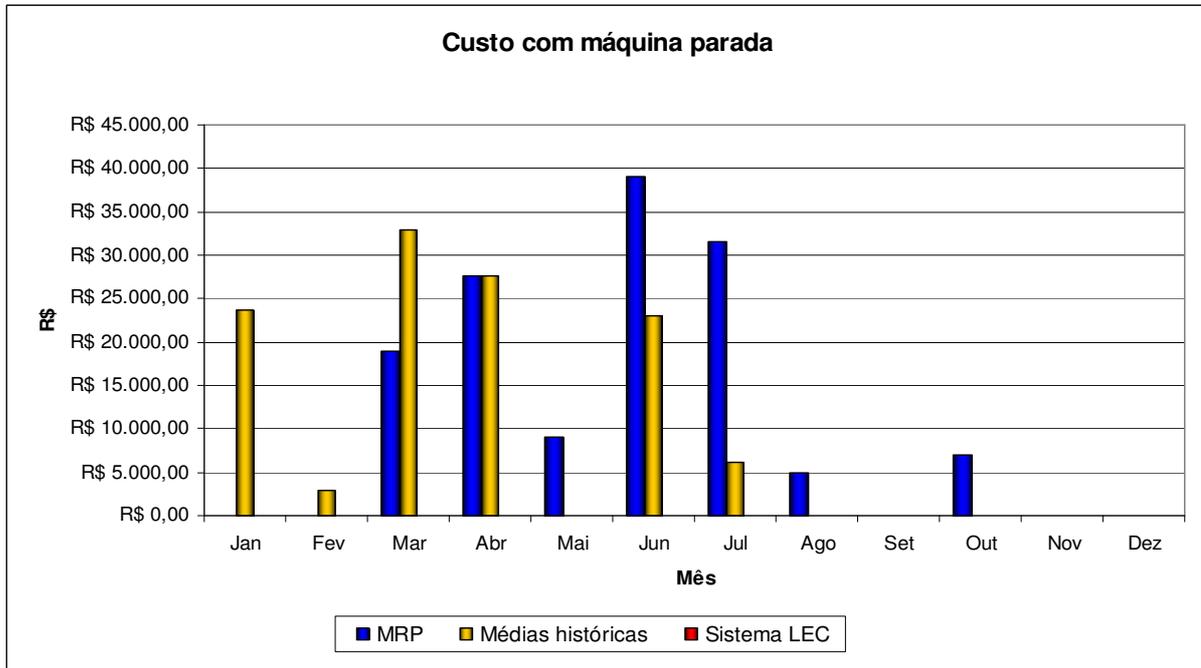


Figura 6.5 – Custo com máquina parada para Simulação 3

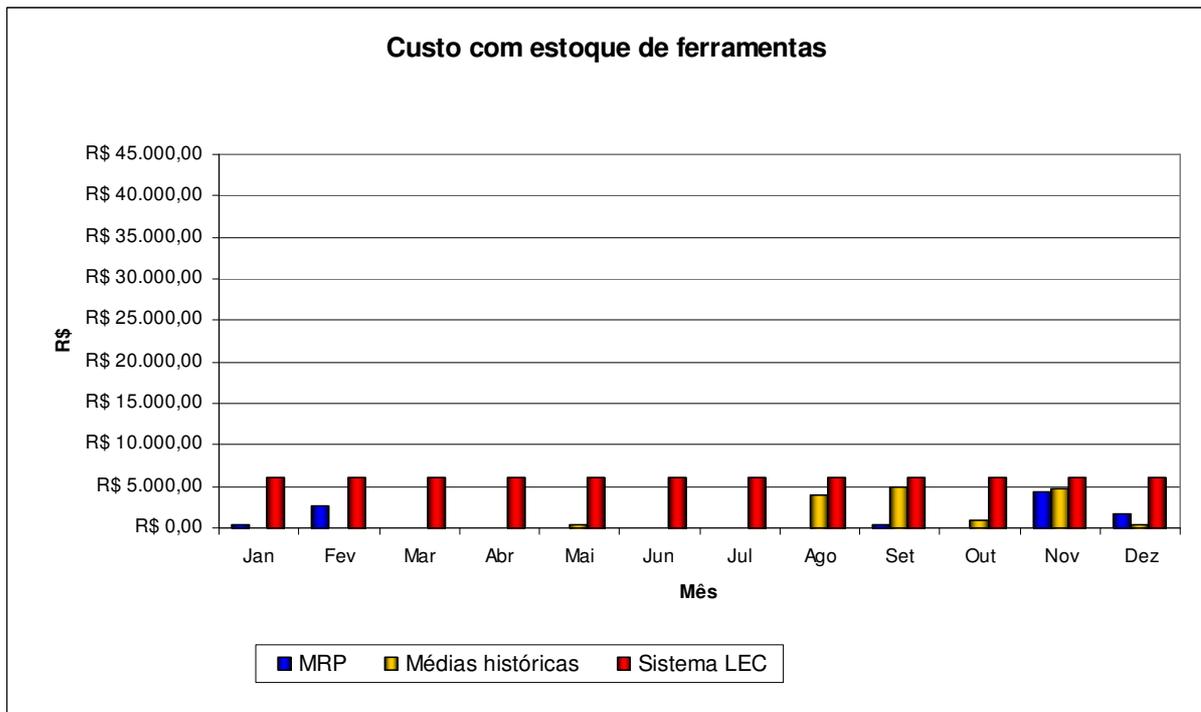


Figura 6.6 – Custo com estoque de ferramentas para Simulação 3

Simulação 4 - Pequena variação de demanda e *média variação de vida da ferramenta*

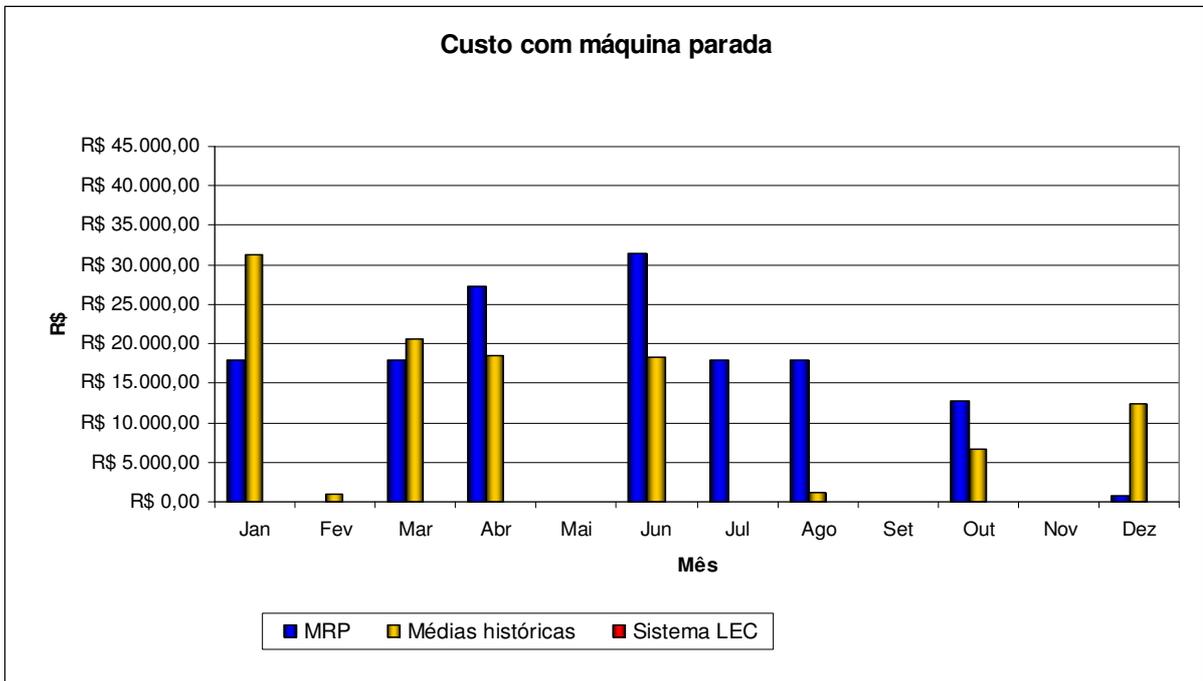


Figura 6.7 – Custo com máquina parada para Simulação 4

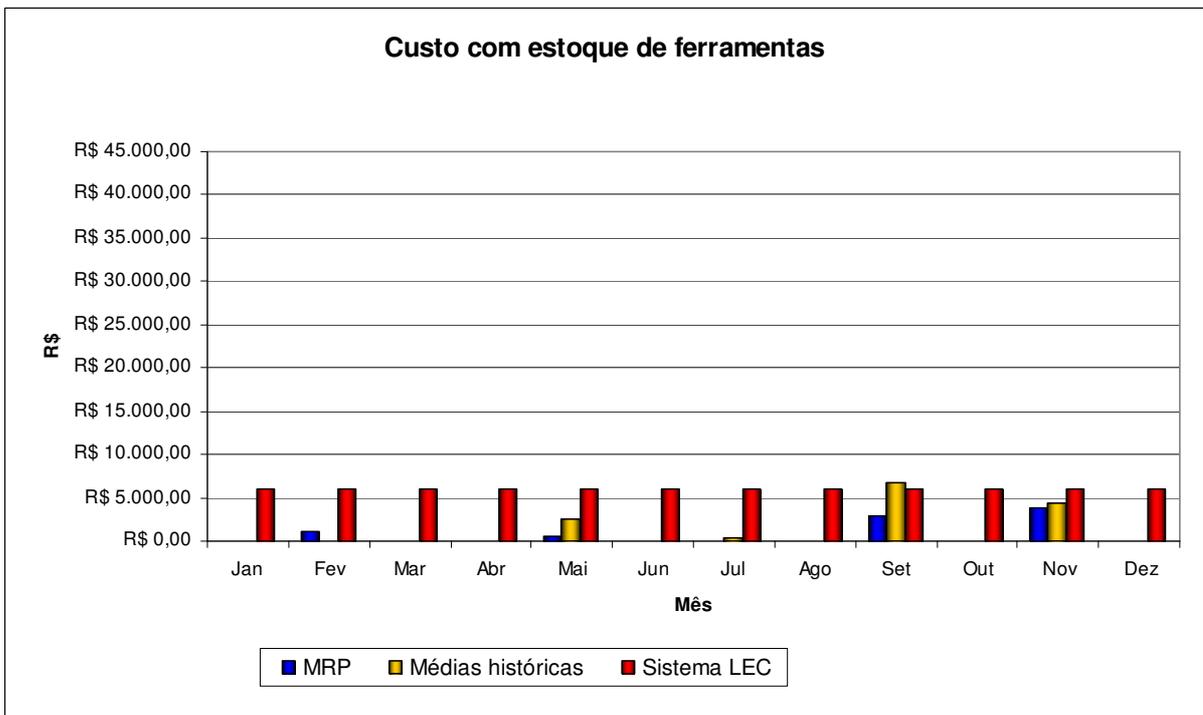


Figura 6.8 – Custo com estoque de ferramentas para Simulação 4

Simulação 5 - Pequena variação de demanda e *grande variação de vida da ferramenta*

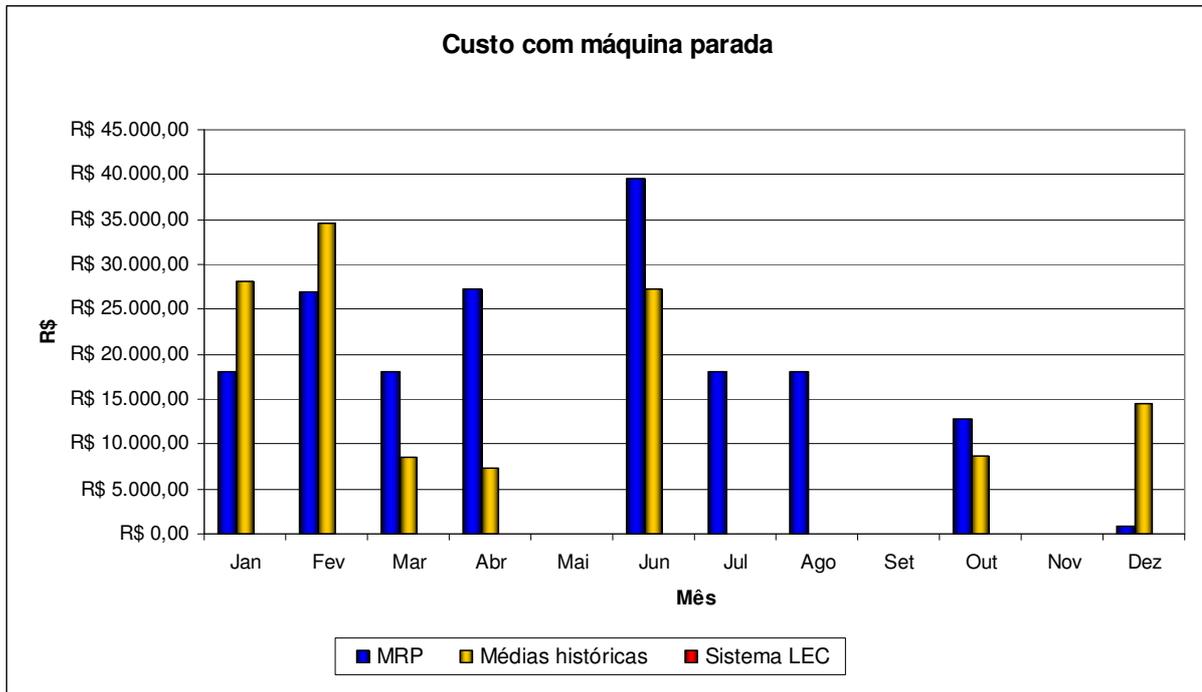


Figura 6.9 – Custo com máquina parada para Simulação 5

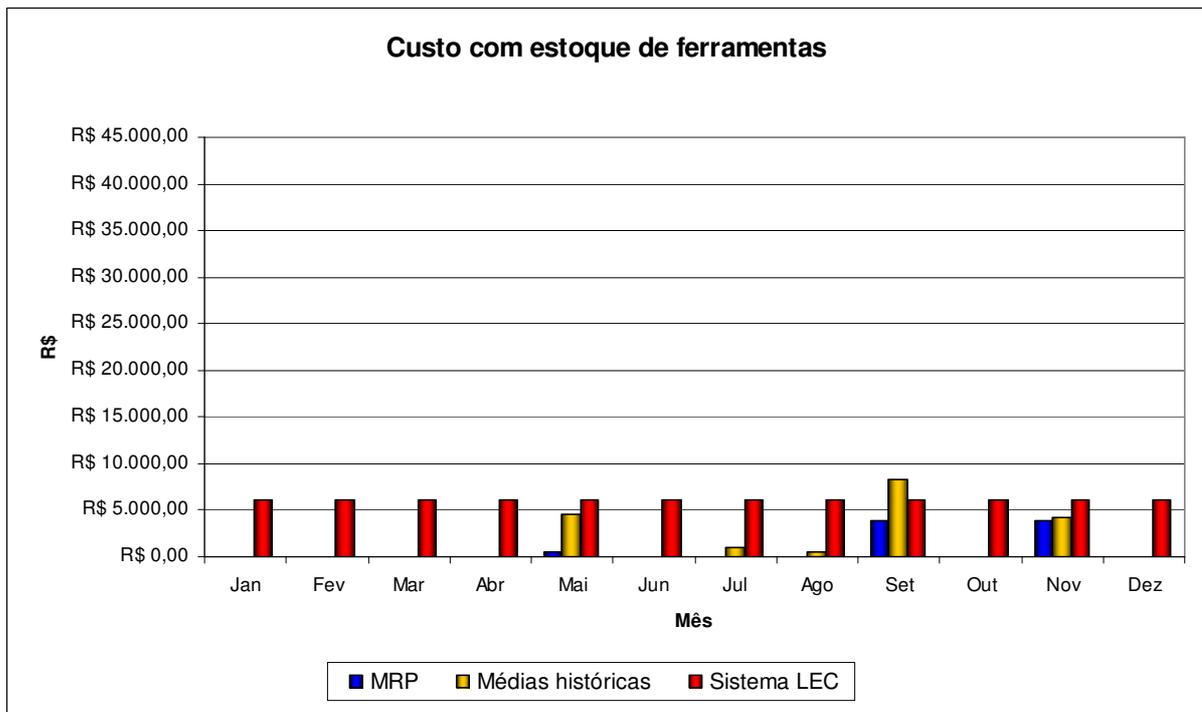


Figura 6.10 – Custo com estoque de ferramentas para Simulação 5

A interpretação dos gráficos gerados a partir dos dados da *Simulação 1* (Figura 6.1 e Figura 6.2) permite concluir que os custos com máquina parada ocorrem somente nos modelos MRP e Médias Históricas. Estas paradas podem gerar inúmeros transtornos, ocasionando atrasos na entrega de peças aos clientes. O sistema LEC não gera custo com parada de máquina em decorrência do próprio método de trabalho, que mantém um estoque mínimo de ferramentas que garante o abastecimento das máquinas. Devido a este estoque, em nenhum momento ocorre parada de máquina.

O custo de estoque de ferramentas ocorre para os três modelos simulados. Para os modelos MRP e Médias Históricas este custo ocorre aleatoriamente, sem regra ou seqüência lógica. Isso dificulta qualquer previsão mensal de gastos com ferramentas, dificulta o controle do orçamento e gera transtornos ao setor de compras com a necessidade de compras emergenciais.

O sistema LEC mantém um custo uniforme, permite realizar uma previsão mensal de gastos com ferramentas, facilita o controle e auxilia o setor de compras, já que a programação de compras pode ser executada, obedecendo as quantidades a serem compradas e prazos de entrega planejados.

A análise realizada para a *Simulação 1* é válida para as outras quatro simulações, visto que em todas há uma repetição dos conceitos abordados, variando apenas os valores observados.

Os resultados obtidos com as cinco simulações são resumidos e apresentados na Tabela 6.7.

Com base nos resultados apresentados, conclui-se que o modelo proposto, ou sistema LEC, possui maior eficiência se comparado aos modelos MRP e médias históricas. À medida que ocorre uma maior variação dos dados de demanda e vida útil da ferramenta, melhor é o resultado do sistema LEC. Isso ocorre em virtude da sua capacidade de adequar-se às necessidades de consumo, o que não acontece com os outros modelos. Mesmo na situação em que ocorre pouca variação de demanda e pouca variação da vida útil (*Simulação 1*), o sistema LEC demonstra-se mais eficiente.

O sistema MRP, como esperado, apresenta problemas crescentes à medida que aumenta a variação de demanda e vida da ferramenta. Este fato ocorre porque este método não possui flexibilidade para se adaptar às constantes alterações encontradas no chão-de-fábrica. Desta maneira, são gerados os altos custos com paradas de máquina e com estoques de ferramentas.

Tabela 6.7 – Resultados das cinco simulações

		Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3
<b>Variação de demanda *</b>		<b>Pequena</b>	<b>Média</b>	<b>Grande</b>
Sistema MRP ***	Custo com estoque de ferramentas	R\$ 8.219,61	R\$ 10.065,36	R\$ 9.569,97
	Custo com máquina parada	R\$ 104.413,01	R\$ 124.866,74	R\$ 138.073,26
	<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 112.632,62</b>	<b>R\$ 134.932,10</b>	<b>R\$ 147.643,23</b>
Método de Médias Históricas***	Custo com estoque de ferramentas	R\$ 12.447,83	R\$ 16.857,52	R\$ 15.640,06
	Custo com máquina parada	R\$ 102.627,83	R\$ 120.598,05	R\$ 116.348,69
	<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 115.075,66</b>	<b>R\$ 137.455,56</b>	<b>R\$ 131.988,75</b>
Sistema LEC	Custo com estoque de ferramentas	R\$ 72.960,00	R\$ 72.960,00	R\$ 72.960,00
	Custo com máquina parada	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
	<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 72.960,00</b>	<b>R\$ 72.960,00</b>	<b>R\$ 72.960,00</b>

		Simulação 1	Simulação 4	Simulação 5
<b>Variação na vida da ferramenta**</b>		<b>Pequena</b>	<b>Média</b>	<b>Grande</b>
Sistema MRP ***	Custo com estoque de ferramentas	R\$ 8.219,61	R\$ 8.404,54	R\$ 8.126,32
	Custo com máquina parada	R\$ 104.413,01	R\$ 144.401,52	R\$ 179.437,23
	<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 112.632,62</b>	<b>R\$ 152.806,06</b>	<b>R\$ 187.563,55</b>
Método de Médias Históricas***	Custo com estoque de ferramentas	R\$ 12.447,83	R\$ 14.160,89	R\$ 18.467,09
	Custo com máquina parada	R\$ 102.627,83	R\$ 109.733,74	R\$ 128.771,95
	<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 115.075,66</b>	<b>R\$ 123.894,63</b>	<b>R\$ 147.239,04</b>
Sistema LEC	Custo com estoque de ferramentas	R\$ 72.960,00	R\$ 72.960,00	R\$ 72.960,00
	Custo com máquina parada	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
	<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 72.960,00</b>	<b>R\$ 72.960,00</b>	<b>R\$ 72.960,00</b>

\* todas as simulações consideram uma pequena variação da vida das ferramentas

\*\* todas as simulações consideram uma pequena variação da demanda

\*\*\* não estão considerados os custos de oportunidade de venda não efetuada devido à parada das máquinas.

Da mesma forma, o sistema de médias históricas apresenta distorções, pois a quantidade de ferramentas a ser adquirida está fundamentada apenas em dados de consumo passados. Além desse fato, a inteira responsabilidade está na mão do programador e, portanto, sujeito a falhas e erros.

Observando os resultados das simulações, vê-se que os maiores custos de execução do modelo de médias históricas que é adotado pela empresa laboratório são originados pela falta de ferramentas, ocasionando a parada de máquinas. Entretanto, como

constatado durante a pesquisa de campo, não há relatos dessa ocorrência no chão-de-fábrica. Por outro lado, também não é verdade que o custo com estoque de ferramentas apresenta-se tão baixo como nos dados da simulação. Cabe ressaltar que a empresa possui um estoque de R\$3,5 milhões com ferramentas. A explicação para este fato relaciona-se ao fator humano. A fim de evitar as paradas de máquinas, o responsável pelo estoque solicita a compra de mais ferramentas que o apresentado através do cálculo de consumo médio. Essa ação realmente evita a parada de máquina, mas gera um estoque excessivo muito além da necessidade da empresa.

Quando analisados separadamente o efeito da variação da demanda versus o efeito da variação da vida útil, percebe-se maior influência nos custos quando há maior variação na vida útil das ferramentas. Com isso, é possível afirmar: ainda que o cliente mantenha uma mínima variação de demanda, há necessidade de um sistema adaptável a oscilações da vida útil das ferramentas (simulações 1, 4 e 5), tendo em vista a impossibilidade de controlar esta variável de forma consistente.

## 7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 7.1 Conclusões

A pesquisa qualitativa permitiu identificar um grande número de informações válidas para a construção do modelo proposto, obtendo, desta maneira, informações que dificilmente seriam descobertas sem o uso de uma metodologia de pesquisa adequada. Da mesma forma, a pesquisa de campo deste trabalho aponta que o gerenciamento de ferramentas, principalmente relacionado ao dimensionamento do estoque, não ocorre de forma sistematizada, gerando problemas com excesso ou falta de ferramentas nos estoques, e conseqüentemente comprometendo a produtividade no chão-de-fábrica da empresa pesquisada.

Embora a metodologia da pesquisa de campo adotada no presente trabalho seja geralmente aplicada à área de Ciências Humanas, seu uso em áreas técnicas como nas engenharias tem contribuído para a realização de excelentes trabalhos, auxiliando na construção deste para o desenvolvimento de conceitos, ferramentas e modelos. A aplicação de uma técnica de pesquisa pode ser bem sucedida em diversas áreas do conhecimento, e comprovadamente eficiente em frentes de pesquisa para a concepção e otimização de sistemas produtivos e organizacionais na área da engenharia.

Considerando que os trabalhos de pesquisa e desenvolvimento na área de ferramentas de usinagem preocupam-se, na sua grande maioria, com os aspectos técnicos das ferramentas, conclui-se que a formalização de uma estrutura de regras para o uso adequado da ferramenta no chão-de-fábrica, através da análise de capacidade, permite aplicar a tecnologia empregada às ferramentas de forma focada à real necessidade de produção, evitando desperdícios com dados de corte abusivos quando esta necessidade não se faz presente.

A elaboração de uma metodologia para a classificação ABC de ferramentas de corte, definido nos objetivos específicos desta proposta, apresenta-se como recurso imprescindível para a viabilização e sustentação da mesma, haja vista a gama de ferramentas em uso industrial na empresa. A abordagem para uma classificação ABC multicritério possibilita identificar as ferramentas mais importantes ao processo, focando os esforços de controle e dimensionamento principalmente aos itens mais relevantes, garantindo que o trabalho de adequação dos dados de corte seja realizado nas ferramentas que realmente oneram a produção com altos custos ou problemas que geram redução da produtividade.

A adequação da capacidade das máquinas de usinagem com a alteração dos parâmetros de corte, conforme resultado da pesquisa de campo, é conhecida, porém não existe uma sistemática para esse trabalho. Com a disponibilização de uma rotina de trabalho, por meio da proposta do presente estudo, a tarefa de alteração dos parâmetros de corte torna-se ao mesmo tempo obrigatória e fundamental, gerando uma conscientização dos técnicos, processistas e demais responsáveis, e aos poucos implementa a cultura da otimização e racionalização, utilizando as ferramentas de usinagem de acordo somente com as reais necessidades dos clientes. Desta forma, atinge o objetivo específico para atuação sobre os dados de capacidade de máquina de usinagem descritos no Capítulo 1.

A validação do sistema LEC – conceito amplamente difundido e comprovadamente eficiente – para o dimensionamento do estoque de ferramentas consiste na comparação com outras possibilidades para este mesmo fim, de acordo com o Capítulo 2. Esta escolha sobre a possibilidade de outras técnicas está amparada na condição do atendimento às empresas com características diferenciadas, conforme Capítulo 1, além da condição especial das ferramentas de corte que possuem grande variação de consumo, consequência, dentre outros fatores, de quebras e variação de dureza do ferro fundido.

O resultado da simulação apresentado no Capítulo 6 mostra que o sistema LEC frente ao MRP e médias históricas é economicamente viável, quando este apresentou menor custo de execução, além de adaptar-se facilmente às variações de demanda impostas pelo mercado, além de atender as variações de vida útil das ferramentas. Desta forma, a proposta adequa-se aos problemas e inconvenientes ocorridos no chão-de-fábrica, firmando, desta maneira, a eficácia do sistema, e acima de tudo comprova o real benefício de uma sistemática para realizar a gestão do estoque de ferramentas com objetivos convergentes ao seu dimensionamento.

O retorno financeiro potencial desta proposta para a empresa em pauta é de R\$1,4 milhões, que é a redução do estoque de ferramentas, diferença entre o estoque real ativo (R\$3,5 milhões – R\$0,8 milhões inativos) menos o estoque planejado de R\$1,3 milhões, que são R\$1 milhão do consumo mensal de ferramentas somados ao estoque de segurança de 30%. A diferença entre os valores em estoque de R\$2,7 milhões (real ativo) – R\$1,3 milhões (planejado) apresenta-se como potencial de retorno financeiro, ou o equivalente a um centro de usinagem ISO50. Projetando a completa funcionalidade desta proposta para 18 meses, o retorno equivale a R\$77.780,00/mês durante esse período.

Fator importante desta proposta é a necessidade de trabalhos multidisciplinares, envolvendo diferentes departamentos das empresas, sendo pró-ativos à criação da integração

setorial. Por este motivo, o objetivo de criar um modelo que induza à comunicação e à unificação de procedimentos foi atingido, permitindo a fluência da informação, e seu uso focado aos objetivos comuns da empresa.

Pode-se concluir que a proposta apresentada atende tanto a empresa em foco quanto empresas que possuam características semelhantes. Esta afirmação torna-se possível devido às características de adequação, aprimoramento e ajustes, preconizados para o modelo. Tais características concedem flexibilidade ao modelo, adequando-se a necessidade e critérios de cada empresa, sem comprometer a idéia central de sistematização da proposta.

No entanto, a abrangência do modelo mantém-se, podendo variar os níveis das características, como valores de demanda, número de ferramentas de corte utilizadas, maior ou menor solicitação de alteração de demanda, dentre outras. A falta de uma destas características deve ser avaliada por novos trabalhos, a fim de garantir que o modelo proposto neste trabalho também seja a melhor solução para empresas que não apresentem alguma das características foco do trabalho.

Constata-se também que o modelo de gestão de estoque de ferramentas de usinagem proposto adapta-se tanto às linhas dedicadas quanto às células flexíveis, ou mesmo a junção de ambas. Esta afirmação torna-se possível, pois o estoque das ferramentas independe do sistema de produção adotado pela empresa, mas sim das características inerentes às próprias ferramentas. Entretanto, algumas características do modelo devem ser adaptadas quando utilizadas em uma ou outra situação, como no caso da frequência de troca das ferramentas usadas por novas. Nas células flexíveis de manufatura, onde várias peças podem ser produzidas, esta rotina deve ser alterada de acordo com a peça em produção, dificultando ainda mais a definição desta atividade. Porém, em nenhum momento a idéia central do modelo é alterada.

Por último, a resultante do estudo permite concluir que as características preconizadas para o modelo foram alcançadas, e atinge os objetivos de abrangência, adequação, apoio empresarial, orientação lógica e seqüencial, aprimoramento e ajustes, suporte, informatização e integração setorial. A somatória destes fatores, os resultados financeiros atingíveis, bem como os resultados de cada etapa desta proposta permitem concluir que todos os objetivos específicos foram atendidos, e desta forma atendendo o objetivo geral do trabalho.

## 7.2 Recomendações para trabalhos futuros

Mediante os resultados analisados, são apresentadas algumas sugestões para futuras pesquisas:

- Avaliar e propor alterações no presente trabalho, para a gestão de estoque de ferramentas para empresas que usinam outros materiais, como, alumínio ou aço;
- Desenvolver, a partir do referencial teórico apresentado, um *software* para a gestão do estoque de ferramentas de usinagem;
- Estabelecer um modelo para a gestão do estoque de não-perecíveis, como, suportes, cones, barras, cabeçotes de fresa, etc.;

## REFERÊNCIAS

ARNOLD, J. R. Tony. **Administração de materiais: uma introdução**. Tradução Celso Rimoli, Lenita R. Esteves. São Paulo: Atlas, 1999.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BAUER, Martin W.; GASKELL, George. **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som**. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 2002.

BOEHS, Lourival et al. **Gerenciamento de Ferramentas de corte na teoria e na prática**. Máquinas e Metais. Ed. Aranda; Ano XXXVIII, n. 440, p.202-217. Setembro/2002.

BOOGERT, R. M.: **Tool Management in Computer Aided Process Planning**. 1º ed., 1994.

CASTRO, P. R. A. **O que é exatamente o gerenciamento de ferramentas**. Máquinas e Metais. Ed. Aranda; Ano XLI, n. 470, p.108-126. Março/2005.

CASTRO, R. L. **Planejamento da Produção e Estoques, um Survey com fornecedores da cadeia automobilística brasileira**. 2005. 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

CHING, Hong Yuh. **Gestão de estoques e cadeia de logística integrada – Supply Chain**. 2. ed. – São Paulo: Atlas, 1999.

CONSALTER, L. A. **Desenvolvimento de uma Metodologia para o gerenciamento de Sistemas de Fixação de Peças em Processos de Usinagem Fundamentado na Padronização e na Modularidade**. 1999. Tese (Pós-graduação em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

DAVIS, Mark M. et al. **Fundamentos da administração da produção**. Tradução Eduardo D'Agord Schaan (et al). 3. ed. – Porto Alegre: Bookmann Editora, 2001.

DINIZ, Anselmo E. et al. **Tecnologia da usinagem dos materiais**. 4. ed. São Paulo: Artibler Editora, 2003.

EVERSHEIM, W. et al. **Tool management: The present and the future**. Annals of the Cirp. p.632-630, 1991.

FAVARETTO, A. S. **Estudo do gerenciamento de ferramentas de corte na indústria automotiva de Curitiba e região metropolitana**. 2005. 189f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2005.

FERRARESI, Dino. **Fundamentos da usinagem dos metais**. V.1. – São Paulo: Edgard Blücher Ltda, v.1,1977.

FORTULAN, R. **Chão de fábrica e o gerenciamento da produção com ênfase no gerenciamento de ferramentas**. 1996. 159f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

FRANCISCHINI, G. Paulino; GURGEL, F. do Amaral. **Administração de materiais e do patrimônio**. São Paulo: Pioneira Thomson, 2002.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. – São Paulo: Atlas, 1999.

\_\_\_\_\_. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. – São Paulo: Atlas, 2002.

HEIZER, Jay; RENDER, Barry. **Administração de operações: bens e serviços**. 5. ed. – Rio de Janeiro: 2001.

HERRERA, William D. M. **Una forma de clasificación multicritério – ABC**. Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção. n.4, p.55-66, Fevereiro/2005.

KHATOR, S. K., LEUNG, L. C. **Intermediate tool requirement planning for FMS**. Journal of Manufacturing Systems. v.13, n.1, p. 9-19, 1994.

KOHLBERG, Gerhard. F. **Gerenciamento de ferramentas: modismo ou mal necessário?** Máquinas e Metais. Ed. Aranda; n. 417, p.22-37. Outubro/2000.

MANN, Peter H. **Métodos de investigação sociológica**. Tradução: Octavio Alves Velho. 4. ed. – Rio de Janeiro. Zahar editores. 1979.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, análise e interpretação de dados.** 4. ed. – São Paulo: Atlas. 1999.

MARCZINSKI, G. **Integrated Tool Management.** *Modern Machine Shop.* p.78-83, novembro/2002.

MELNYK, S. A.; LYMAN, S. B. **Tool management and control: developing an integrate top-down control process.** In: International Conference of American Production and Inventory Control Society, 36. San Antonio, TX, USA, 1993.

MINAYO, M. C. de S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde.** 7. ed. – São Paulo: Hucitec; Rio de Janeiro: Abrasco, 2000.

\_\_\_\_\_, et al. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade.** Maria Cecília de Souza (organizadora). – Petrópolis. Rio de Janeiro: Vozes, 1994.

MOREIRA, Daniel A. **Administração da produção e operações.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

MORSE, J. M. **Qualitative nursing research. A contemporary dialogue.** 1. ed. Newbury Park: Sage Publications, California. 1991.

MUMM, A. **Toolmanagement als moderne Dienstleistung.** *Werkstatt und Betrieb.* p.116-118, setembro/2001.

PATTON, M. Q. **Qualitative Evaluation Methods.** 7. ed. Beverly Hills: Sage Publications. 1986.

PEINADO, Jurandir. **Implantação do kanban como base de um programa Just In Time: uma proposta de metodologia para empresas industriais.** 2000. 94f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

PIRES, José R.; DINIZ, A. E. **Evitando o desperdício de ferramentas de torneiar: uma aplicação em chão de fábrica.** *Máquinas e Metais.* Ed. Aranda; Ano XXXII, n.370, p.73-85. Novembro/2002.

PLUTE, Martin. **Tool management strategies.** Cincinnati: Hanser Gardner, 1998.

POLIT, D. F.; HUNGLER, B. P. **Fundamentos de Pesquisa em Enfermagem**. 3. ed. Artes Médicas. 1995.

POZO, Hamilton. **Administração de recursos materiais e patrimoniais: uma abordagem logística**. 3. ed. – São Paulo: Atlas, 2004.

RAUEN, Fábio José. **Roteiros de investigação científica**. Tubarão: Editora UNISUL, 2002.

\_\_\_\_\_. **Elementos de iniciação à pesquisa**. Rio do Sul: Nova Era, 1999.

RUGGS, James Lear. **Administração da produção: planejamento, análise e controle: uma abordagem sistêmica**. Tradução Edna Quadros, coordenação Urbano Kurilo, revisão técnica Osvaldo Scaico. São Paulo: Atlas, 1976.

RICHARDSON, Roberto Jarry. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. Colaboradores: José Augusto de Souza Peres ... (et al.). – São Paulo: Atlas, 1999.

ROSA, Clóvis B. **Gestão de almoxarifado**. São Paulo: Edicta, 2003.

RUSSOMANO, V. H. **Planejamento e acompanhamento da produção**. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 1979.

SANTOS, Marcelo Teixeira dos et al. **Usinabilidade x dureza na usinagem do tambor de freio de ferro fundido cinzento**. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO – COBEF. 3. ed. Joinville: COBEF. 2005. CD-ROM.

SCHROETER, R. B.; WEINGAERTNER, W. L. **Processos de usinagem e ferramentas de corte**. Florianópolis: UFSC, Apostila, 2001.

Sebrae, **Tecnologia & Inovação para a Indústria**, 2003, página 234.

SHEWCHUK, J. P.; ANUMOLU, B. **Design of a tooling database implementation for an existing facility**. Computers in Industry, 42. 2000, p.221-229.

SINDIPEÇAS – DESEMPENHO DO SETOR DE AUTO-PEÇAS. São Paulo. Sindicato da Indústria de Componentes para Veículos Automotores, 2005. Anual.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. Tradução Maria Teresa Corrêa de Oliveira, Fábio Alher, revisão técnica Henrique Luiz Corrêa. 2. ed. – São Paulo: Atlas, 2002.

SOLANO, Renato da Silva. **Curva ABC de fornecedores: uma contribuição ao planejamento, programação, controle e gerenciamento de empreendimentos e obras**. 2003. 167f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

STANDARD, C.; DAVIS, D. **Running today's factory: a proven strategy for lean manufacturing**. Cincinnati: Hanser Gardner, 1999.

STEVENSON, Willian J. **Administração das operações de produção**. 6. ed. – Rio de Janeiro: LCT, 2001.

TANI, G. **Gerenciamento de ferramentas em sistemas de manufatura equipados com máquinas CNC**. Máquinas e Metais. Ed. Aranda; Ano XXXVII, n. 383, p.46-57. Dezembro/1997.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

TURINO, C. E. **Redução de estoque de ferramentas de corte sem comprometimento da produtividade do chão-de-fábrica**. 2002. 141f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

VIANA, João José. **Administração de materiais: um enfoque prático**. São Paulo: Atlas, 2002.

ZAVANELLA, Lucio. **Guidelines for tool store dimensioning in flexible manufacturing using an analytical technique**. International Journal of Production Economics 46-47. 1996, p.563-573.

## REFERÊNCIAS AUXILIARES

ABELE, E. **A indústria automobilística sob pressão da produtividade.** Máquinas e Metais, Ed. Aranda; Ano XLII, São Paulo, n. 488, p. 40-47, Setembro/2006.

ABELE, E.; DÖRR, J. **Ferramentas de corte protegidas contra a defasagem tecnológica.** Máquinas e Metais, Ed. Aranda; São Paulo, n. 439, p. 38-53, Agosto/2002.

Artigos Técnicos. **Benefícios do Gerenciamento de ferramentas.** Disponível em: [http://www.usinagem-brasil.com.br/construtordepaginas/htm/1\\_1\\_1731.htm](http://www.usinagem-brasil.com.br/construtordepaginas/htm/1_1_1731.htm). Acesso em: 10 de maio de 2005.

CUNHA, Luissaulo. **A aplicação dos princípios da confidencialidade e da privacidade por trabalhadores de uma operadora de planos de saúde de Santa Catarina: um estudo de caso.** Dissertação. Centro de Ciências Sociais, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

DIAS, G. P. P. **Gestão dos estoques numa cadeia de distribuição com sistema de reposição automática e ambiente colaborativo.** 2003. 245f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

EPISTEME. **Publicação Científica da Universidade do Sul de Santa Catarina.** v7, n. 21. Tubarão: UNISUL, jul./out. 2000.

KALÖFER E.; SALOMON M.; SCHILLING R. **Qual o melhor conceito de montagem de células: em paralelo ou em série?** Máquinas e Metais. Ed. Aranda; Ano XLII, n. 487, p. 70-85. Agosto/2006.

MOREIRA, Daniel A. **O método fenomenológico na pesquisa.** São Paulo: Pioneira Thomson, 2002.

MOURA, M. L. S. de; FERREIRA, M. C.; PAINE, P. A. **Manual de elaboração de pesquisa.** Rio de Janeiro. EdUERJ, 1998.

NOGUEIRA, J. L.; RIBEIRO, M. V. **Gerenciador de ferramentas: um software de apoio ao planejamento de processo.** Máquinas e Metais. Ed. Aranda; Ano XXXVII, n. 422, p. 80-95. Março/2001.

NOGUEIRA, Oracy. **Pesquisa social: introdução às suas técnicas**. 3. ed. – São Paulo. Editora Nacional. 1975.

PEREIRA, Moacir. **O uso da curva ABC nas empresas**. Disponível em: <http://kplus.cosmo.com.br>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2006.

QUIRINO, J. B. **Controle de vida da ferramenta caracol – parâmetro teórico**. 2000. 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

REA, Louiz M.; PARKER, Ricard A. **Metodologia da pesquisa: do planejamento à execução**. Tradução de Nivaldo Montiguelli Jr. Revisão técnica Otto Nogami, - São Paulo: Pioneira, 2000.

TRIPODI, Tony; FELLIN, Phillip; et al. **Análise da pesquisa social**. Tradução de Geni Hirata. Rio de Janeiro, F. Alves, 1975.

TUBINO, D. F. **Manual de planejamento e controle da produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

**APÊNDICES**

## **APÊNDICE A – PLANO DE PERGUNTAS**

### **Tópico 1 – Empresa**

1) Para situar adequadamente o ambiente de produção no qual ocorre esta entrevista, eu gostaria de conhecer um pouco mais a sua empresa.

Qual o sistema de produção adotado pela empresa e quais são os principais tipos (linhas) de produtos fabricados? (Sistema de produção e produtos).

### **Tópico 2 – Capacidade de produção**

1) É realizada alguma análise de capacidade da linha com o objetivo de identificar a máquina gargalo das linhas de produção?

2) Caso essa análise seja realizada, tal informação é utilizada para definir de que forma deve ser utilizada a ferramenta de corte? De forma agressiva no caso de sobrecapacidade (menor vida e maior custo) ou de forma branda no caso de subcapacidade (maior vida e menor custo)?

### **Tópico 3 – Curva ABC**

1) Existe uma rotina para determinar quais são as ferramentas mais importantes para o processo, e com isso definir um critério mais rigoroso para o controle destas ferramentas mais representativas?

2) Um método clássico para determinar essas ferramentas é gerar a curva ABC, que utiliza basicamente os dados de custo e volume de ferramentas. Quais são as características mais importantes das ferramentas de corte que, em sua opinião, podem ser usadas para realizar uma classificação ABC mais adequada das ferramentas? Ex: importância para o processo, tempo de entrega, etc.

### **Tópico 4 – Vida da ferramenta de usinagem e sua disponibilidade para a produção**

1) É adotada alguma estratégia para a disponibilidade das ferramentas aos operadores? Como as ferramentas são disponibilizadas atualmente? Ex: carrinho com ferramentas para atender a produção de um turno.

2) Como a empresa trata das ferramentas de usinagem no que diz respeito à manutenção e controle? Exemplo: reafiação.

Estas ferramentas possuem definido o número máximo de reafiações? As referidas ferramentas quando retornam da reafiação, somam-se ao estoque de ferramentas novas? Existe distinção entre estoque de ferramentas novas e ferramentas reafiadas?

3) Qual/quais são os critérios para a definição do fim da vida das ferramentas? Estes critérios levam em consideração fatores como produtividade e/ou custos de produção?

Após a definição dos dados de corte, estes valores sofrem alguma alteração em função da demanda de peças? Ex: nos momentos de baixa produção, os dados de corte são utilizados de forma branda, e nos momentos de alta produção estes dados passam a ser mais agressivos.

### **Tópico 5 – Estoque de ferramentas**

1) Como é tratada a questão do dimensionamento do inventário de ferramentas? Existe algum setor (ou alguém) responsável por manter um estoque mínimo de ferramentas (estoque de segurança) que garanta uma vantagem econômica e não deixe faltar ferramentas à produção? Como este trabalho é realizado?

2) Qual a importância de um controle destas ferramentas no que concerne a um estoque dimensionado corretamente, que não deixe faltar ferramentas para a produção e permita uma vantagem competitiva?

3) De que forma as ferramentas de corte afetam o desempenho da produção na sua empresa? Ocorre parada de produção por falta de ferramenta em estoque? Existem ferramentas com alto estoque que são pouco consumidas? Na sua opinião, quais são os motivos para a ocorrência destes fatos?

4) Qual o critério utilizado para definir a quantidade de ferramentas compradas por pedido de compra?

### **Tópico 6 – Geral**

1) A empresa está buscando atualmente evoluir na questão da organização e racionalização? Em sua opinião, qual o nível de organização da empresa e como ela pode ser melhorada?

2) A empresa possui alguma sistemática para assegurar a racionalização das ferramentas?

Exemplo: trabalhar com ferramentas modulares.

3) De que forma o computador auxilia (ou pode vir a auxiliar) no gerenciamento de ferramentas em sua empresa, principalmente sob o aspecto de dimensionamento de estoque?

4) O Sr. saberia responder qual quantidade e variedade de ferramentas em estoque?

5) Com relação à demanda de produção: ocorre variação nas quantidades de peças solicitadas pelo cliente? Esta variação é significativa para a produção? Qual a frequência destas alterações?

6) O Sr. poderia citar os cinco maiores problemas que, na sua opinião, ocorrem no processo de usinagem, e que são causados por ferramentas?