

**Aurimar José Pinto**

**DIAGNÓSTICO DA POLÍTICA DE INVENTÁRIO E  
A SUA IMPORTÂNCIA PARA A ADMINISTRAÇÃO  
ESTRATÉGICA DA MANUFATURA**

**Taubaté – SP**

**2003**

**Aurimar José Pinto**

**DIAGNÓSTICO DA POLÍTICA DE INVENTÁRIO E  
A SUA IMPORTÂNCIA PARA A ADMINISTRAÇÃO  
ESTRATÉGICA DA MANUFATURA**

**Dissertação apresentada para obtenção do Título de Mestre pelo Curso de Mestrado em Administração de Empresas do Departamento de Economia, Contabilidade, Administração e Secretariado da Universidade de Taubaté.**

**Área de Concentração: Gestão Empresarial  
Orientador: Prof. Dr. José Luís Gomes da Silva**

**Taubaté – SP**

**2003**

Pinto, Aurimar José

Diagnóstico da Política de Inventário e a sua  
Importância para a Administração Estratégica da Manufatura  
/ Aurimar José Pinto. Taubaté: UNITAU/Universidade de  
Taubaté, 2003.

99f.:il.

Orientador: Prof. Dr. José Luis Gomes da Silva

Dissertação (Mestrado) - Universidade de Taubaté,  
Departamento de Economia, Contabilidade, Administração e  
Secretariado, 2003.

1. Política de Inventário. 2. Cadeias Logística e de  
Produção. 3. Tempo de Ciclo de Produção ou *Lead-  
Time*. 4. Demanda. 5. Gestão Empresarial - Dissertação.  
I. Universidade de Taubaté. Departamento de Economia,  
Contabilidade, Administração e Secretariado. II. Título.

AURIMAR JOSÉ PINTO

DIAGNÓSTICO DA POLÍTICA DE INVENTÁRIO E A SUA IMPORTÂNCIA  
PARA A ADMINISTRAÇÃO ESTRATÉGICA DA MANUFATURA

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ, TAUBATÉ, SP

Data:08/03/2003

Resultado: Aprovado com distinção e louvor

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr.José Luis Gomes da Silva - UNITAU

Assinatura\_\_\_\_\_

Prof. Dr.José Glênio Medeiros de Barros - UNITAU

Assinatura\_\_\_\_\_

Prof. Dr.Carlos de Moura Neto - ITA

Assinatura\_\_\_\_\_

Dedico este trabalho à minha esposa Silvia e às nossas filhas, Mariana e Carolina, pelo apoio e incentivo, e pela tolerância com minha ausência.

Dedico aos meus pais Wilson (in memoriam) e Guiomar, responsáveis por me proporcionarem mais um sentimento de realização em minha vida.

Dedico a todos àqueles que acreditam que o aprendizado é o alicerce que sustenta nosso crescimento pessoal, profissional e social.

Dedico àqueles que acreditam que ao compartilharmos o conhecimento adquirido, novamente aprendemos que é necessário voltar a aprender.

Dedico àqueles que acreditam que, ao se ocuparem da ciência, entendemos os fatos e seus efeitos, no ambiente e no comportamento dos homens, nos possibilitando contribuir de alguma forma para gerações futuras.

Dedico este trabalho, enfim, àqueles que se interessarem em ler, refletir e alterar esta dissertação, porque só as mudanças nos impedirão o conformismo, a estagnação e a certeza de nossas falsas verdades.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me permitir cumprir mais uma etapa de minha existência, com dignidade, saúde e entusiasmo.

Ao Professor Doutor José Luis Gomes da Silva, pela dedicação, e desprendimento na orientação deste trabalho.

Aos Professores Doutores Antônio Pascoal Del'Arco Júnior, Francisco Cristóvão Lourenço de Melo, José Glênio Medeiros de Barros e Carlos de Moura Neto, pelas valiosas contribuições e orientações.

Ao Professor Doutor Edson Aparecida de Araújo Querido Oliveira, pelas orientações firmes e francas.

A todos os Professores Doutores do curso, pelos ensinamentos transmitidos e aos colegas pelo sincero companheirismo.

A Johnson & Johnson Professional Products Manufacturing Company - Brazil, nas pessoas de Eugen Meister ; Waldir Miyada e João Eugênio Pennacchio pelo apoio e fornecimento de conteúdo técnico e didático.

A Ana Lucia Torres Maida e sua equipe Ademir Rodrigues dos Santos, Josy Almeida Ribeiro, Bruno Augusto e Maria Cristina Velloso, pela paciência e presteza na busca de documentos durante a coleta de dados.

Ao Osvaldo Louzane, Adelmo de Matos Ramos e Cláudio Nazareth Galhardo pelo fornecimento de dados e informações, além das discussões que possibilitaram a realização deste trabalho.

## RESUMO

PINTO, A.J. **Diagnóstico da Política de Inventário e a sua Importância para a Administração Estratégica da Manufatura.** 2003. 99p. Projeto de dissertação (Mestrado em Administração de Empresas) - Departamento de Economia, Contabilidade, Administração e Secretariado. Universidade de Taubaté, Taubaté.

A constante necessidade de redução dos custos operacionais das empresas tem transformado o Inventário em fonte preferencial, para este fim, pela alta administração. O alto valor de investimento que ele representa para as organizações, além da contribuição imediata no fluxo de caixa, quando da sua redução, faz com que o inventário seja uma fonte de vantagem competitiva. O objetivo deste estudo é compreender o comportamento das variáveis independentes como tempo de ciclo da produção ou *lead-time*, taxa diária de demanda do item de produto acabado e tempo de intervalo entre ordens de produção, e os seus efeitos no cálculo de uma política de inventário. O estudo é realizado em uma empresa de manufatura de produção intermitente repetitiva em lotes de pequenas quantidades e grande variedade de produtos. Técnicas de fluxo de valor são aplicadas para detalhamento dos processos de produção e do seu respectivo planejamento. Os dados históricos das variáveis mencionadas referem-se ao período de janeiro de 2000 a fevereiro de 2002. Com estes dados, desenvolvem-se os cálculos de estoque de segurança, estoque médio e máximo, sob a óptica das abordagens de gerenciamento por **Ponto de Reposição e Revisão Periódica**. Analisa-se a real aplicação dos dados disponíveis na empresa, para o cálculo da política de inventário. Conclui-se que apesar de ser adotado mecanismo sofisticado de planejamento de produção e haver uma forte cultura de medições por parte da empresa, os dados

estatísticos das variáveis fundamentais não são utilizados de forma sistemática para o cálculo da política de inventário. Este fato confirma a tese de que as reduções de inventário, de uma maneira geral, são circunstanciais e não sustentadas por fundamentos técnicos.

Palavras-Chave: Política de inventário; Cadeias Logística e de Produção; Tempo de ciclo de produção ou *Lead-Time*; Demanda.

## ABSTRACT

PINTO, A.J. **Inventory Policy Diagnosis and its Importance for the Strategic Administration of Manufacturing.** 2003. 99p. Dissertation Project (Master on Business Administration)- Department of Economics, Accounting, Administration and Secretary. Universidade de Taubaté, Taubaté.

The constant needs for the reduction of companies' operational costs has transformed Inventory into a targeted source for this end by upper management. The high investment value that it represents for organizations, aside from the immediate contribution to cash flow, when it is reduced, allows inventory to be a source of strategic advantage. The objective of this study is to understand the behavior of independent variables such as production cycle-time or lead-time, daily demand rate of finished product and the interval between production orders and their effects on the determination of an inventory policy. The study is performed in a manufacturing company that produces intermittent, repetitive small batches and a large variety of products. Cash flow techniques are applied to detail the production processes and respective planning. The historical data of mentioned variables refer to the period from January 2000 to February 2002. These data are used to develop the calculations of safety stock and average and maximum stock from the viewpoint of the management approach in Replenishment Point and Periodically Review. The real application of the data available from the company is studied to calculate the inventory policy. It is concluded that, in spite of the adoption of a sophisticated mechanism of production planning and a strong culture of measurements by the company, the statistical data of fundamental

variables are not utilized systematically to determine the inventory policy. This fact confirms the thesis that inventory reductions, in general, are circumstantial and is not supported by fundamental techniques.

Key Words: Inventory Policy; Production and Logistics Chain; Production Cycle Time or Lead Time; Demand.

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| RESUMO.....  | 5  |
| ABSTRACT.....  | 7  |
| LISTA DE TABELAS .....   | 11 |
| LISTA DE FIGURAS .....   | 12 |
| LISTA DE EQUAÇÕES.....   | 13 |
| 1       INTRODUÇÃO.....  | 14 |
| 1.1     OBJETIVO.....  | 16 |
| 1.2     FOCO DO ESTUDO.....  | 17 |
| 1.3     IMPORTÂNCIA DO ESTUDO.....   | 18 |
| 2       REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....   | 19 |
| 2.1     INVENTÁRIO.....  | 19 |
| 2.2     A TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO APLICADA À GESTÃO DO<br>INVENTÁRIO..... | 21 |
| 2.3     FLUXO DE VALOR.....  | 22 |
| 2.4     TIPOS DE ESTOQUE.....  | 23 |
| 2.5     PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA.....                                    | 25 |
| 2.6     FATORES CAUSAIS DO INVENTÁRIO.....                                 | 29 |
| 2.6.1   ABORDAGEM PONTO DE REPOSIÇÃO.....                                  | 33 |
| 2.6.2   ABORDAGEM REVISÃO PERIÓDICA.....                                   | 35 |
| 2.7     IMPORTÂNCIA ESTRATÉGICA DO INVENTÁRIO.....                         | 37 |
| 2.8     ABORDAGEM FINANCEIRA DO INVENTÁRIO.....                            | 41 |
| 2.9     ÉTICA NA GESTÃO DO INVENTÁRIO.....                                 | 43 |
| 2.10    CLASSIFICAÇÃO ABC.....   | 44 |
| 3.0     PROPOSIÇÃO.....  | 45 |
| 4.0     METODOLOGIA.....   | 46 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 4.1   | TIPO DA PESQUISA.....                                  | 46 |
| 4.2   | UNIVERSO DA AMOSTRA.....                               | 46 |
| 4.3   | ETAPAS DA PESQUISA.....                                | 47 |
| 5.0   | RESULTADOS.....  | 49 |
| 5.1   | FLUXOS DE VALOR.....                                   | 49 |
| 5.2   | LEVANTAMENTO DOS DADOS.....                            | 52 |
| 6.0   | DISCUSSÃO.....   | 56 |
| 6.1   | DISCUSSÃO QUALITATIVA DOS DADOS.....                   | 56 |
| 6.2   | DISCUSSÃO QUANTITATIVA DOS DADOS.....                  | 65 |
| 6.2.1 | DO PONTO DE VISTA PONTO DE REPOSIÇÃO.....              | 65 |
| 6.2.2 | DO PONTO DE VISTA REVISÃO PERIÓDICA.....               | 70 |
| 6.2.3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS.....                              | 74 |
| 7.0   | CONCLUSÕES.....  | 83 |
| 8.0   | SUGESTÕES.....   | 86 |
|       | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                        | 87 |
|       | APÊNDICE A - ANÁLISE ABC DE PRODUTO 1995 - 1998.....   | 90 |
|       | APÊNDICE B - ANÁLISE ABC DE PRODUTO 1999 - 2001.....   | 91 |
|       | APÊNDICE C - DISTRIBUIÇÃO NORMAL PADRONIZADA.....      | 92 |
|       | APÊNDICE D - VALORES CRÍTICOS DE F .....               | 93 |
|       | APÊNDICE E - VALORES CRÍTICOS DE t .....               | 94 |
|       | APÊNDICE F - DADOS DE TEMPO DE CICLO E RENDIMENTO..... | 95 |
|       | APÊNDICE G - DADOS DE DEMANDA.....                     | 96 |
|       | APÊNDICE H - GLOSSÁRIO.....                            | 97 |

## LISTA DE TABELAS

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| TABELA 1-   | IMPACTO DO INVENTÁRIO NA PRODUTIVIDADE.....  | 26 |
| TABELA 2-   | IMPACTO DA PERDA DE MATERIAL NA<br>PRODUTIVIDADE.....                                | 28 |
| TABELA 3-   | PERFIL DE HABILIDADES.....   | 38 |
| TABELA 4-   | INTERVALO DE DIAS CORRIDOS ENTRE ORDENS DE<br>REPOSIÇÃO.....                         | 54 |
| TABELA 5-   | INVENTÁRIO REAL.....   | 55 |
| TABELA 6-   | COMPARAÇÃO DA ANÁLISE ESTATÍSTICA DO TEMPO<br>DE CICLO DE PRODUÇÃO.....              | 57 |
| TABELA 7-   | CORRELAÇÃO ENTRE TEMPO DE CICLO DE PRODUÇÃO<br>E RENDIMENTO.....                     | 58 |
| TABELA 8-   | ANÁLISE ESTATÍSTICA TAXAS DE DEMANDA.....  | 59 |
| TABELA 9-   | TESTE F:DUAS AMOSTRAS PARA VARIÂNCIAS.....   | 61 |
| TABELA 10 - | TESTE T: DUAS AMOSTRAS PRESUMINDO<br>VARIÂNCIAS DIFERENTES.....                      | 62 |
| TABELA 11-  | ANÁLISE ESTATÍSTICA DE DIAS CORRIDOS ENTRE<br>ORDENS DE REPOSIÇÃO.....               | 65 |
| TABELA 12-  | MATRIZ DE DECISÃO GERENCIAL .....  | 74 |
| TABELA 13-  | ESTOQUE DE SEGURANÇA COM REDUÇÃO DO DESVIO-<br>PADRÃO DO TEMPO DE CICLO.....         | 77 |
| TABELA 14-  | ESTOQUE DE SEGURANÇA COM REDUÇÃO DO DESVIO-<br>PADRÃO DA TAXA DIÁRIA DA DEMANDA..... | 77 |
| TABELA 15-  | ANÁLISE COMPARATIVA .....  | 80 |
| TABELA 16-  | PARÂMETROS DE PLANEJAMENTO.....  | 81 |

## LISTA DE FIGURAS

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| FIGURA 1-   | POLÍTICA DE INVENTÁRIO.....   | 16 |
| FIGURA 2-   | PROCESSO DE PRODUÇÃO.....   | 18 |
| FIGURA 3-   | FLUXO DE INVENTÁRIO .....   | 19 |
| FIGURA 4-   | ABORDAGEM PONTO DE REPOSIÇÃO.....   | 31 |
| FIGURA 5-   | ABORDAGEM REVISÃO PERIÓDICA.....  | 32 |
| FIGURA 6-   | MATURIDADE DO PRODUTO AJ2226.....   | 47 |
| FIGURA 7-   | FLUXO DE VALOR DO PROCESSO DE PRODUÇÃO.....                                 | 50 |
| FIGURA 8-   | FLUXO DE VALOR DO PROCESSO DE PLANEJAMENTO<br>DA PRODUÇÃO.....              | 51 |
| FIGURA 9-   | TEMPO DE CICLO DE PRODUÇÃO E RENDIMENTO.....                                | 53 |
| FIGURA 10 - | TAXA MÉDIA DIÁRIA DE DEMANDA PREVISTA X REAL                                | 54 |
| FIGURA 11-  | HISTOGRAMAS DAS TAXAS MÉDIAS DE DEMANDA.....                                | 59 |
| FIGURA 12-  | TESTE F: DUAS AMOSTRAS PARA VARIÂNCIAS.....                                 | 62 |
| FIGURA 13-  | TESTE T: DUAS AMOSTRAS PRESUMINDO VARIÂNCIAS<br>DIFERENTES.....             | 63 |
| FIGURA 14-  | PERFIL DA DISTRIBUIÇÃO DAS TAXAS DIÁRIAS DE<br>DEMANDA REAL E PREVISTA..... | 64 |
| FIGURA 15-  | INVENTÁRIO REAL.....  | 78 |

## LISTA DE EQUAÇÕES

|            |   |    |
|------------|---|----|
| EQUAÇÃO 1- | DESVIO-PADRÃO DEMANDA DURANTE O <i>LEAD TIME</i><br>- MODELO VARIÂNCIAS COMBINADAS.....     | 33 |
| EQUAÇÃO 2- | DESVIO-PADRÃO DEMANDA DURANTE O <i>LEAD</i><br><i>TIME</i> MÁXIMO.....                      | 33 |
| EQUAÇÃO 3- | DESVIO-PADRÃO DEMANDA DURANTE O <i>LEAD</i><br><i>TIME</i> MÉDIO - MODELO SIMPLIFICADO..... | 34 |
| EQUAÇÃO 4- | ESTOQUE DE SEGURANÇA.....   | 34 |
| EQUAÇÃO 5- | PONTO DE REPOSIÇÃO.....   | 34 |
| EQUAÇÃO 6- | INVENTÁRIO MÉDIO .....  | 35 |
| EQUAÇÃO 7- | DESVIO-PADRÃO DEMANDA DURANTE O <i>LEAD TIME</i><br>- REVISÃO PERIÓDICA.....                | 35 |
| EQUAÇÃO 8- | INVENTÁRIO MÁXIMO.....  | 36 |
| EQUAÇÃO 9- | INVENTÁRIO MÉDIO - REVISÃO PERIÓDICA .....  | 36 |

## 1 INTRODUÇÃO

As empresas reconhecem que o inventário consiste em um investimento significativo, e também que ele é um dos recursos fundamentais para a eficiência da produção e a excelência do serviço aos clientes. No entanto, estas mesmas empresas não parecem investir adequadamente em recursos humanos e de tecnologia de informações, para a tarefa de calcular e dimensioná-lo tecnicamente.

Geralmente, as empresas não conhecem o motivo ou a função de cada parcela de seu inventário. O que se vê, freqüentemente, é um enorme esforço para mantê-lo num nível que satisfaça as suas necessidades financeiras, sem se preocupar muito com a sua viabilidade técnica.

Pressionadas pela necessidade de reduzir os seus custos, as empresas recorrem à redução do inventário, como uma das maiores fontes de oportunidades, e estabelecem objetivos, que passam a ser perseguidos de forma obstinada pelas funções operacionais. Com o passar do tempo, esta perseguição do objetivo, provoca movimentações excessivas e indesejáveis de materiais, resulta em uma logística interna muito nervosa e muitas vezes insustentável por estas funções. Assim, os resultados passam a depender de esforços e ações pessoais e não necessariamente de um processo sistêmico e duradouro. Negociações com fornecedores tornam-se fundamentadas em expectativas de resultados de curto prazo. Eficiência e baixa produtividade na produção são

observadas, além de grande variação de qualidade dos materiais, e insatisfação dos clientes com o nível de serviço.

As técnicas de *Just in Time - No Momento Certo* e *Lean Manufacturing - Fabricação Enxuta* largamente utilizadas pelas organizações na última década, ajudam a reduzir o nível de inventário nas empresas, principalmente os de materiais em processo. Mas de uma maneira geral, o que se percebe é que as empresas se antecipam em implantar técnicas consideradas modernas, sem conhecimento mais profundo sobre elas. Este fato proporciona resultados de curto prazo, sem que sistemas operacionais ou de informações, incluindo cálculos técnicos, sejam as bases sustentáveis para estas aplicações.

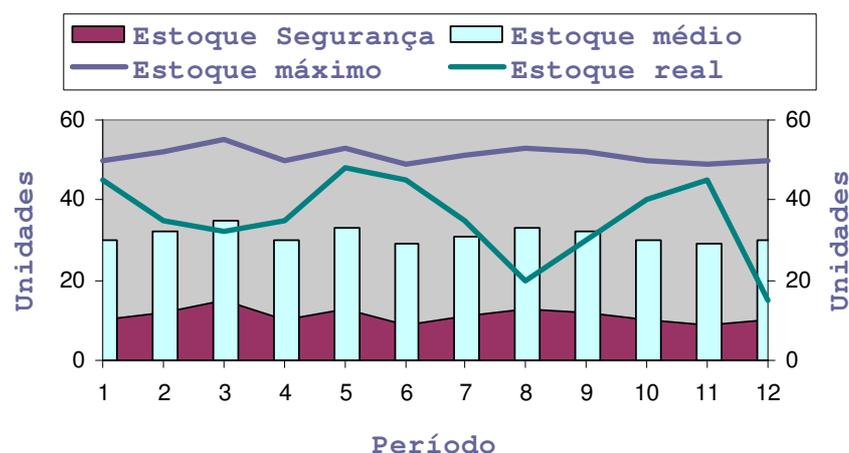
Quanto ao aspecto estratégico, pouca atenção se tem dispensado ao inventário. Não é comum que empresas se preocupem em compreender os seus fatores causais. Por isto perdem excelentes oportunidades de melhorias nos seus processos, que constituem a cadeia produtiva e de suprimento de seus negócios.

A revisão bibliográfica deste estudo leva a uma reflexão sobre os fundamentos do inventário, seus efeitos na produtividade e na eficiência de uma empresa. Também analisa a contribuição estratégica que uma política de inventário bem definida, poderá proporcionar à empresa.

## 1.1 OBJETIVO

Este trabalho pretende estudar a política de inventário para um item de produto acabado, doravante denominado AJ2226, em uma empresa de manufatura, cujo sistema de transformação classifica-se como intermitente repetitiva em lotes, por processar lotes de pequenas quantidades e grande variedade de produtos.

Como resultado final do trabalho, esta política é representada pelos níveis de estoque de segurança, estoque médio e estoque máximo necessários para um determinado item de produto acabado conforme ilustrado na Figura 1. Os níveis de estoque são calculados a partir do estudo do comportamento de pelo menos duas variáveis independentes: tempo de ciclo da produção ou *lead-time*, e taxa diária de demanda do item. O motivo da escolha destas variáveis é que o estoque de segurança de um item é decorrente da distribuição da taxa de demanda durante o tempo de ciclo da produção. A política de inventário resultante do estudo é comparada com a evolução do estoque real, para auxiliar nas considerações e conclusões finais.



Fonte: Autor

FIGURA 1 - POLÍTICA DE INVENTÁRIO

## 1.2 FOCO DO ESTUDO

Este estudo analisa dados relativos a uma empresa de manufatura de produtos médico-hospitalares, sediada na região do Vale do Paraíba. A Organização a qual pertence esta empresa possui 195 companhias operando em 51 países e comercializando produtos em mais de 175 países. Há 70 anos no Brasil, a empresa em estudo segue os princípios éticos e de valores estabelecidos pela organização, que reforçam as suas responsabilidades para com os clientes, empregados, fornecedores, comunidades e acionistas.

O processo de produção do item em estudo está representado na Figura 2. Transforma-se a matéria-prima em produto acabado, por meio de três etapas denominadas: fabricação (1), acabamento (2) e inspeção (3). Cada etapa produz simultaneamente produtos diferentes em linhas de produção diferentes: (L1) Linha de Produção 1, (L2) Linha de Produção 2, (Ln) Linha de Produção n. Há dois pontos intermediários do processo, onde os estoques de processo são freqüentes, em razão do grande número de itens produzidos simultaneamente pelas diferentes linhas de produção. Após a fase de inspeção o item está pronto para ser utilizado, constituindo o estoque do produto acabado, que é o estoque foco do estudo.

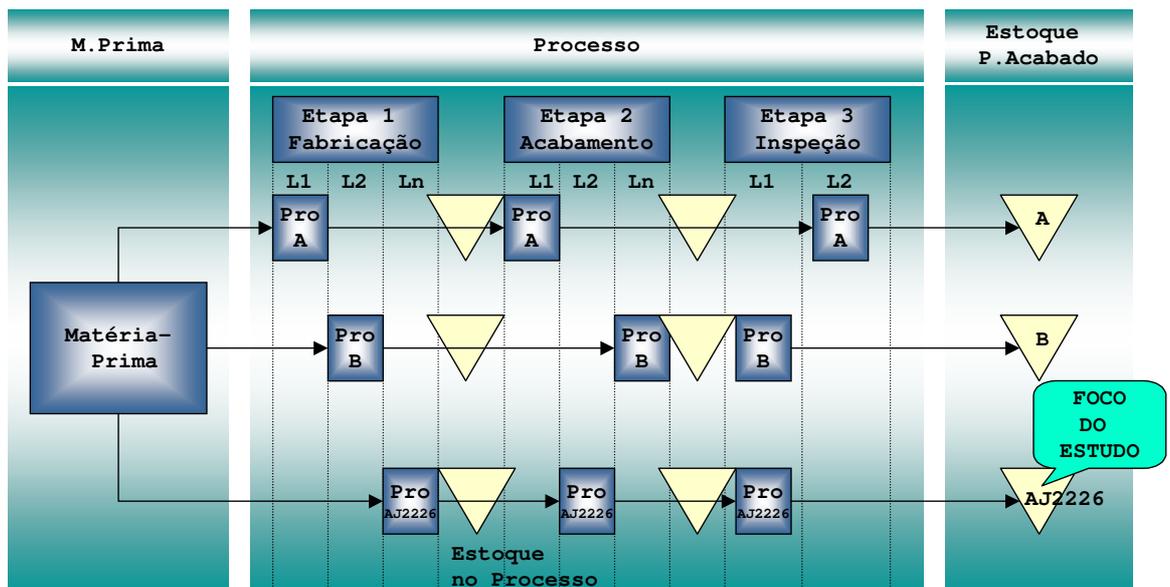


FIGURA 2 - PROCESSO DE PRODUÇÃO

### 1.3 IMPORTÂNCIA DO ESTUDO

Sem a pretensão de propor um método absoluto de cálculo da política de inventário, este estudo poderá servir de incentivo para o desenvolvimento de um sistema do tipo "DSS - Decision Support System", ou sistema de apoio às decisões estratégicas da manufatura.

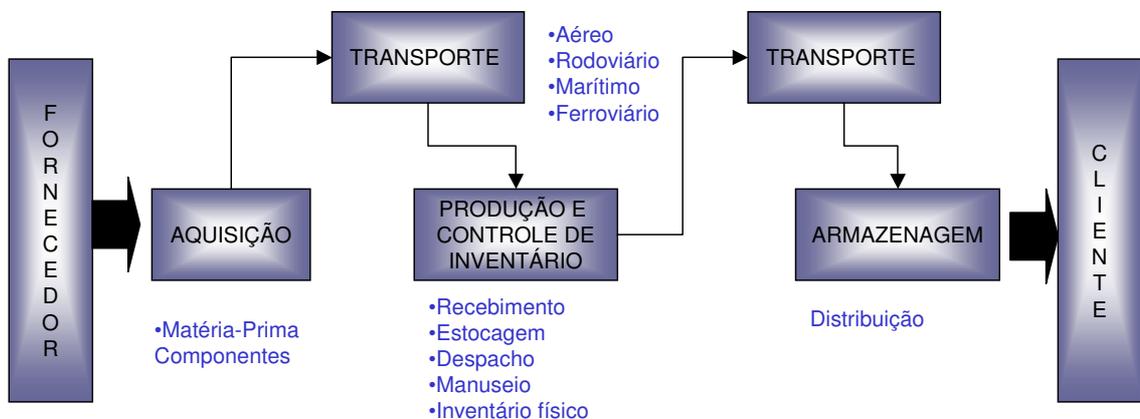
O resultado deste estudo pode proporcionar aos profissionais envolvidos com a gestão de inventário uma matriz de decisão, como ferramenta gerencial e estratégica. Analogamente, este estudo poderá ser aplicado à política de inventário de matéria-prima.

Robbins (1998.cap 1.p 14) define que "um modelo é uma abstração da realidade, uma representação simplificada de alguns fenômenos do mundo real". Com este estudo, o mundo real da manufatura poderá ser mais bem compreendido, e o fenômeno do inventário poderá resultar em uma simplificação que estimule futuros ensaios mais aprimorados.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 INVENTÁRIO

O inventário de materiais, segundo Ballou(1992), consiste de uma reserva de matérias-primas, materiais de uso indireto na fabricação, componentes, materiais em processo, e produtos acabados que se encontram em inúmeros lugares dentro de uma firma de produção e canais logísticos (Figura 3). São freqüentemente encontrados em depósitos, nos pátios, nos chão das fábricas, em equipamentos de transportes e nas prateleiras dos pontos de venda.



Fonte: Adaptado com modificações de BALLOU, R. H. Business Logistic Management. Ed.3.New Jersey, USA: Prentice-Hall, Inc, 1992. cap 12, p.404.

FIGURA 3 - FLUXO DE INVENTÁRIO

Slack et al. (1997. cap. 12. p 381.) definem inventário como sendo a **"acumulação armazenada de recursos materiais em um sistema de transformação"**. O custo anual relacionado com a sua manutenção, tais como armazenagem, manuseio, depreciações e custo de capital têm impactos significativos no custo do produto final. Ele custa anualmente em média 30% do seu valor total médio. Um estudo realizado em 7 empresas nos Estados Unidos da América mostra que este custo pode variar de 14% a 42% dependendo do tipo de empresa e do custo do capital (BALLOU, 1993. cap 10. p 211).

Slack et al. (1997. cap 12. p 382) apresentam uma pesquisa em 13 empresas diferentes, onde o inventário representa em média 23% do valor de suas vendas, cuja amplitude da amostra varia de 2% a 88% dependendo do tipo de operação.

Na empresa em que este estudo é realizado, constatou-se que, durante o período de janeiro de 2000, a novembro de 2001, o inventário médio mensal representou 78 dias de vendas, com seu pico em Novembro, 2001 igual a 95 dias. O seu custo médio anual apurado foi de 9% do valor total médio do inventário no mesmo período. O seu valor médio mensal representou 30% do valor das vendas anuais, confirmando a estatística mostrada anteriormente e apresentada por (SLACK et al., 1997).

No entanto, o seu custo apresentou-se abaixo da estatística de BALLOU (1993) citada anteriormente.

## **2.2 A TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO APLICADA À GESTÃO DO INVENTÁRIO**

Os sistemas de planejamento de produção evoluíram com a tecnologia da informação. Tornaram-se mais sofisticados, possibilitando melhor integração das diferentes funções de um negócio. Entretanto, continuam, na sua maioria, tratando a política de inventário, como um simples parâmetro, necessário ao funcionamento do software. Não se vêem inseridas nos grandes softwares ferramentas técnicas que possibilitem a empresa a estudar e compreender os fundamentos de seus itens em estoque, muito embora, os sistemas do tipo *ERP - Enterprise Resources Planning - Planejamento de Recursos Empresariais* tragam, em seus escopos, módulos estatísticos que auxiliem nas análises e decisões técnicas desta tarefa.

A abordagem de gerenciamento de inventário, fundamentado no objetivo financeiro, geralmente tem um efeito de curto prazo. Teve a sua importância e necessidade, numa época em que a alta gerência não dispunha de tecnologia de informações apropriadas, e ao mesmo tempo ela precisava estabelecer os grandes números gerenciais que norteavam o plano operacional na sua totalidade. A estes planos denominavam *aggregate plan - Plano Consolidado*

Com a evolução da Tecnologia da Informação, hoje se dispõem de ferramentas, tais como "*DSS - Decision Support Systems - Sistemas de Suporte à Decisão*", que podem ser desenvolvidos com a característica de aplicação esporádica para um diagnóstico dentro da empresa.

Laudon (1999.cap 2.p 27) tem uma visão integrada do papel dos sistemas de informação dentro de uma empresa, na qual podem ser classificados de acordo com o tipo de problema organizacional a que se propõem: (a) Sistemas de Nível Estratégico; (b) Sistemas Táticos , que suportam a gerência média, nas questões como atingir determinados objetivos; (c) Sistemas de Conhecimento ,que ajudam na criação, distribuição e no uso do conhecimento. Estes envolvem questões de conhecimento e habilidades técnicas; (d) Sistemas Operacionais ,que auxiliam no monitoramento das atividades diárias da empresa.

Os Sistemas de Conhecimento estão na categoria de sistemas de suporte, e são eles que podem auxiliar nos estudos de política de inventário.

### **2.3 FLUXO DE VALOR**

Fluxo de valor é uma ferramenta administrativa que auxilia neste estudo, para melhor se entender o processo de produção e de informações. Ajuda na identificação de possíveis fatores causais de inventário.

Rother (1999) descreve que, na Toyota, as pessoas aprendem sobre os três fluxos na manufatura: (a) fluxos de materiais; (b) fluxos de informações; e (c) fluxos das pessoas/processo. Ao elaborar o fluxo de valor, as pessoas aprendem o atual da empresa e possibilita desenhar o ideal ou o futuro, com vistas ao *Lean Manufacturing - Fabricação Enxuta*.

O fluxo de valor é uma ferramenta que, se bem aplicada, ajuda para que os fatores causais dos desperdícios, incluindo os inventários, sejam enxergados.

Esses fatores podem apresentar-se disfarçados em todas as atividades, sejam elas primárias ou secundárias.

As atividades primárias são aquelas especificamente voltadas para a fabricação e entrega do produto ou serviço, enquanto as secundárias são de apoio e sustentação à realização das primárias. Entre as primárias encontram as atividades de logísticas interna e externa, onde se insere o inventário, motivo deste estudo. Eles merecem atenção e cuidados técnicos para que cumpram o seu papel de agregação de valor dentro da cadeia (PORTER, 1989).

Porter (1989) trouxe para o cenário da manufatura o conceito de que a vantagem competitiva precisa ser compreendida como derivada das muitas atividades distintas que uma firma desempenha, projetando, produzindo, comercializando, entregando e apoiando seu produto. A isto ele chama cadeia de valor. Uma firma ganha vantagem competitiva executando estas atividades estrategicamente importantes, de maneira mais barata ou melhor do que seus concorrentes.

#### **2.4 TIPOS DE ESTOQUE**

Segundo Slack et al. (1997.cap 12.p 383-384), há necessidade de diferentes tipos de estoques para equilibrar a taxa de fornecimento e a taxa de demanda em diferentes pontos de qualquer operação. Segundo o autor, estes tipos são: (a) estoque isolador- também chamado estoque de segurança, que visa compensar as incertezas inerentes a fornecimento e demanda. Portanto, este tipo de inventário diz respeito à matéria-prima e produtos acabados; (b) estoque de ciclo- que existe para compensar o fornecimento irregular de cada tipo de produto. Ele é decorrente da característica do processo e flexibilidade da operação. Conhecer o inventário de ciclo pode significar decisões estratégicas de investimentos em equipamentos e tecnologia;

(c) estoque de antecipação- que é necessário para compensar diferenças entre ritmo de fornecimento e demanda. Há casos em que as flutuações de demanda são significativas, porém relativamente previsíveis; e por fim (d) estoque de canal - que é necessário para compensar o tempo entre o pedido e a entrega ao cliente. Portanto, todo inventário em trânsito, é dito de canal.

Diante destes conceitos deve-se tomar o cuidado de não sobrepor o inventário de ciclo e o de canal durante um estudo de política de inventário. Ambos visam compensar o fato de que o material não pode ser colocado instantaneamente no ponto de demanda.

Há dois outros tipos de inventário citados por Ballou (1992.cap 12.p 407) ainda muito utilizados pelas empresas: (a) estoque de especulação- que é geralmente utilizado por empresas em que prevendo momentos cíclicos de demanda de determinadas matérias-primas, antecipa suas compras e se preservam de especulações danosas ao negócio. Pode ocorrer também o estoque de especulação inverso, onde a empresa se estoca de produtos acabados para especular conforme a possibilidade do mercado. (b) estoque obsoleto, que se deteriora ou é facilmente extraviado. Cuidados especiais são necessários nestes casos, principalmente em se tratando de itens de altos volumes.

## 2.5 PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA

Contador (1997. cap 9.p 119-120) define que: **"(a)produtividade é a capacidade de produzir ou estado em que se dá a produção"**. Ela mede-se pela relação entre os resultados da produção e os recursos produtivos aplicados, tais como: máquinas; equipamentos; materiais; mão-de-obra. **"(b)eficiência é a relação entre a produção real e aquela considerada como padrão."**

A relação entre a produtividade e o inventário é sutil. Se os recursos como máquinas, mão-de-obra e materiais não contribuírem com o máximo de seu potencial, podem aumentar o tempo de ciclo de produção e, conseqüentemente, requerer maior inventário para assegurar a operação e o atendimento ao cliente.

É perigoso um gestor de manufatura guiar-se apenas pela eficiência, porque esta pode apresentar-se satisfatória, mas o padrão da operação estar contaminado por fatores causais de desperdícios, resultando em inventários desnecessários.

A produtividade e eficiência das indústrias estão direta ou indiretamente relacionadas com o inventário. Uma pesquisa publicada em 1986 por Hayes & Clark apud Garvin (1992), já confirmava este fato. A pesquisa foi realizada durante 61 meses em 12 fábricas de 3 companhias, nos Estados Unidos da América, Canadá, Europa e Ásia. Ao formular a pergunta - Por que algumas fábricas eram mais produtivas que outras? - os autores encontraram os resultados apresentados na Tabela 1.

TABELA 1 - IMPACTO DO INVENTÁRIO NA PRODUTIVIDADE

| Companhia<br>Tipo                          | Fábrica | Efeito no FTP<br>ao reduzir o<br>inventário em<br>processo em 10%<br>(*) | Grau de<br>incerteza<br>(**) |
|--|---------|--|------------------------------|
| Alta tecnologia                            | 1-A     | +1,15%   | 0,238                        |
|  | 1-B     | +1,18%   | 0,306                        |
|  | 1-C     | +3,73%   | 0,103                        |
|  | 1-D     | +9,11%   | 0,003                        |
| Processo com<br>alto nível de<br>automação | 1-H     | +1,63%   | 0,001                        |
|  | 2-H     | +4,01%   | 0,000                        |
|  | 3-H     | +4,65%   | 0,000                        |
|  | 4-H     | +3,52%   | 0,000                        |
|  | 5-H     | +3,84%   | 0,000                        |
| Fabricação e<br>montagem                   | 1       | +2,86%   | 0,000                        |
|  | 2       | +1,14%   | 0,000                        |
|  | 3       | +3,59%   | 0,002                        |

(\*) FTP - Fator Total de Produtividade

(\*\*) Probabilidade que a redução do Inventário em Processo tenha impacto nulo ou negativo no FTP.

Fonte: GARVIN, D.A. Operations Strategy. Englewood. In: Why Some Factories Are More Productive Than Others, Cliffs, New Jersey, USA: Prentice-Hall, Inc. 1992. cap 18, p.236

Os autores adotam como a medida central de desempenho um Fator Total de Produtividade (FTP), como função do volume de produção, mão de obra direta, materiais, capital e custo de energia, que é significativo nas indústrias americanas. Os autores concluem que o efeito é positivo na produtividade, em face a uma redução em 10% no inventário

em processo. É possível que a melhoria da produtividade tenha ocorrido, não pela redução única e exclusivamente do inventário em processo, mas sim por iniciativas de melhorias e mudanças no processo.

Existe a possibilidade neste estudo de que, ao reduzir o inventário, as causas dos desperdícios tenham surgido e exigido ações para eliminá-las. Como regra, o inventário esconde as verdadeiras causas da ineficiência e da baixa produtividade nas empresas. O excesso de inventário no processo pode se tornar fator causal para o excesso de inventário de produto acabado. Ele perturba o fluxo lógico da produção, aumentando o seu ciclo e possibilita maior autonomia dos operadores quanto a escolher o que fabricar primeiro, sem análise de prioridades a favor dos clientes. Este fenômeno pode ser detectado quando da elaboração do fluxo de valor do processo.

De forma semelhante, na Tabela 2, os autores estendem a sua pesquisa e mostram uma correlação entre o índice de perda de material com o mesmo Fator Total de Produtividade. O resultado é similar, ou seja, a produtividade aumentou em todas as fábricas pesquisadas, na medida que as perdas diminuíram. Novamente, fica a sugestão de que com a eliminação de desvios de processo, menos material se consome, reduzindo-se as perdas. Como o Fator de Produtividade é função do material consumido, o seu efeito é positivo.

TABELA 2 - IMPACTO DA PERDA DE MATERIAL NA  
PRODUTIVIDADE

| Fabrica | Taxa de<br>perda média | Efeito no<br>FTP ao reduzir<br>as perdas em<br>10%<br>(*) | Grau de<br>incerteza<br>(**) |
|---------|------------------------|---|------------------------------|
| 1-C     | 11,2%                  | +1,2%   | 0,009                        |
| 2-C     | 12,4%                  | +1,8%   | 0,000                        |
| 3-C     | 12,7%                  | +2,0%   | 0,000                        |
| 4-C     | 9,3%                   | +3,1%   | 0,002                        |
| 5-C     | 8,2%                   | +0,8%   | 0,006                        |

(\*) FTP - Fator Total de Produtividade

(\*\*) A Probabilidade que a redução do Inventário em  
Processo tem impacto nulo ou negativo no FTP.

Fonte: GARVIN, D.A. Operations Strategy. Englewood. In: Why  
Some Factories Are More Productive Than Others, Cliffs,  
New Jersey, USA: Prentice-Hall, Inc. 1992. cap 18, p.236

O estoque, a produtividade, as perdas e o *lead-time* de produção estão fortemente relacionados, e possibilitam ganhos significativos, quando pesquisados do ponto de vista de eliminação dos desperdícios. Junior(2002), ao aplicar o conceito de *Produção Enxuta* a uma indústria de manufatura não seriada, obtém redução de estoque de 52,3%, aumento de produtividade de 41,1% e redução de perdas de 45,8%. Consegue-se também uma redução de *lead-time* que varia de 47% a 75,3%, para alguns produtos mais frequentes entre o *mix* produzido.

## 2.6 FATORES CAUSAIS DO INVENTÁRIO

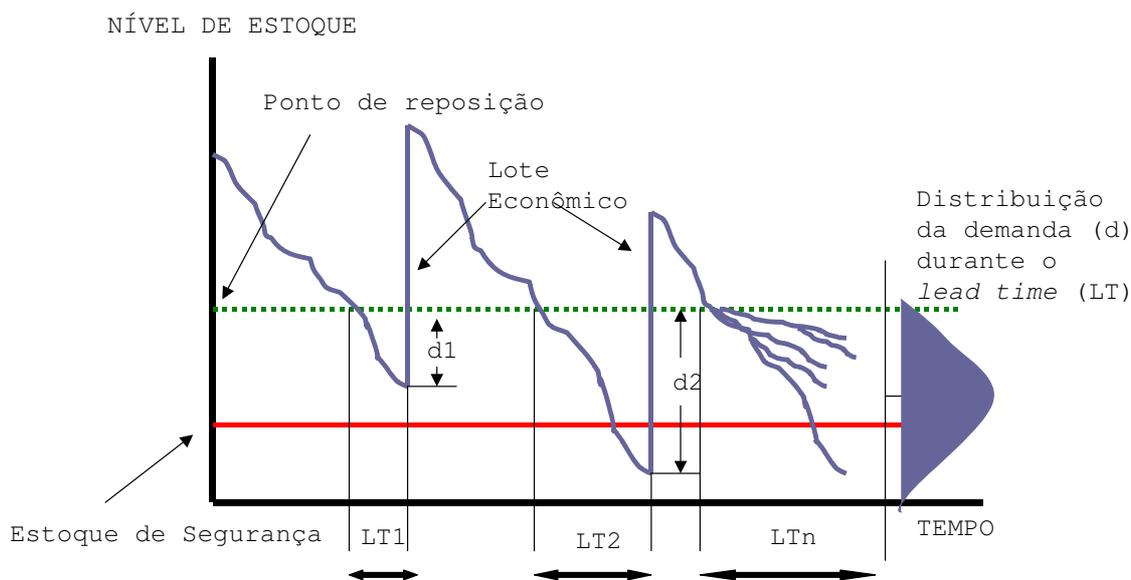
Garcia et al (2001) analisam a formação de estoque de segurança com base em técnicas quantitativas para mensuração do nível de incertezas na cadeia logística e de produção. As principais fontes de incertezas na cadeia logística e de produção citadas e analisadas pelos autores, são: (a) a incerteza na demanda e na sua previsão; (b) a incerteza no *lead-time* e (c) a incerteza na quantidade recebida. Com base em histórico de comportamento destas incertezas, utilizam-se técnicas quantitativas para dimensionar o estoque mínimo correspondente ao nível desejado de serviço ao cliente. São feitas análises comparativas entre a formação do estoque de segurança no modelo clássico de ponto de pedido e no modelo *MRP - Materials Requirement Planning - Planejamento de Necessidade de Materiais*, que permite a formação do estoque de segurança dinâmico. Os autores acreditam que conhecer e mensurar as incertezas presentes nos processos logísticos e de produção seja o primeiro passo para uma boa política de gestão de estoques. Embasamento mais formal e técnico no cálculo do estoque de segurança é a chave de sucesso para a identificação de oportunidades de melhorias, segundo os autores.

Para entender os fatores causais, em uma operação, é necessário compreender a natureza e características da operação em questão. Embora a forma de transformação de insumos em produtos e serviços possa ser semelhante entre as operações, elas podem apresentar diferenças entre si, cujos fatores causais de inventário conseqüentemente serão diferentes.

Slack et al. (1997.cap 1.p 49-52) definem que há quatro dimensões particularmente importantes que devem ser usadas para distinguir diferentes operações: (a) dimensão volume - na qual as operações implicam na obtenção de custos baixos em função da possibilidade de uma maior sistematização dos processos. Nestes casos, os custos fixos de produção são diluídos em grande número de produtos ou serviços. Em operações com estas características, as variabilidades de processo tendem a ser reduzidas em função de melhor previsibilidade de demanda e produção, e conseqüentemente inventários relacionados à operação; (b) dimensão variedade - na qual a operação exige maior flexibilidade para atender melhor às exigências particulares dos clientes. Como esta flexibilidade pode exigir recursos específicos, como mão de obra, inventários ou equipamentos, ela tem seu preço; (c) dimensão variação - na qual a variação no nível de demanda resulta em mudanças da capacidade da operação. Neste caso, algum nível de inventário ou flexibilidade da operação pode ser necessário como estratégia; (d) dimensão contato com o consumidor - na qual a operação precisa se preocupar com o nível de tolerância de espera do cliente, avaliar o nível necessário de habilidade de contato de seus funcionários, além do grau de padronização das tarefas do processo.

Ballou (1992 cap 12.p424-431) define que, quando se reconhece não haver certeza da demanda e do tempo de ciclo de fabricação (*lead-time*), de um determinado item, deve-se ter o estoque de segurança, como uma parcela adicional ao estoque regular para atender à média da demanda e à média do ciclo de produção. O estoque de segurança assegura um determinado inventário para o cliente, controlando a probabilidade de sua falta ocorrer. Neste caso, é necessário que se conheça o desvio-padrão da distribuição

durante o *lead-time*. Uma vez conhecido o estoque de segurança, é possível adotar duas abordagens de gerenciamento de inventário. Elas são: (a) ponto de reposição - na qual se assume que a demanda é perpétua e atua constantemente no nível do inventário (Figura 4).

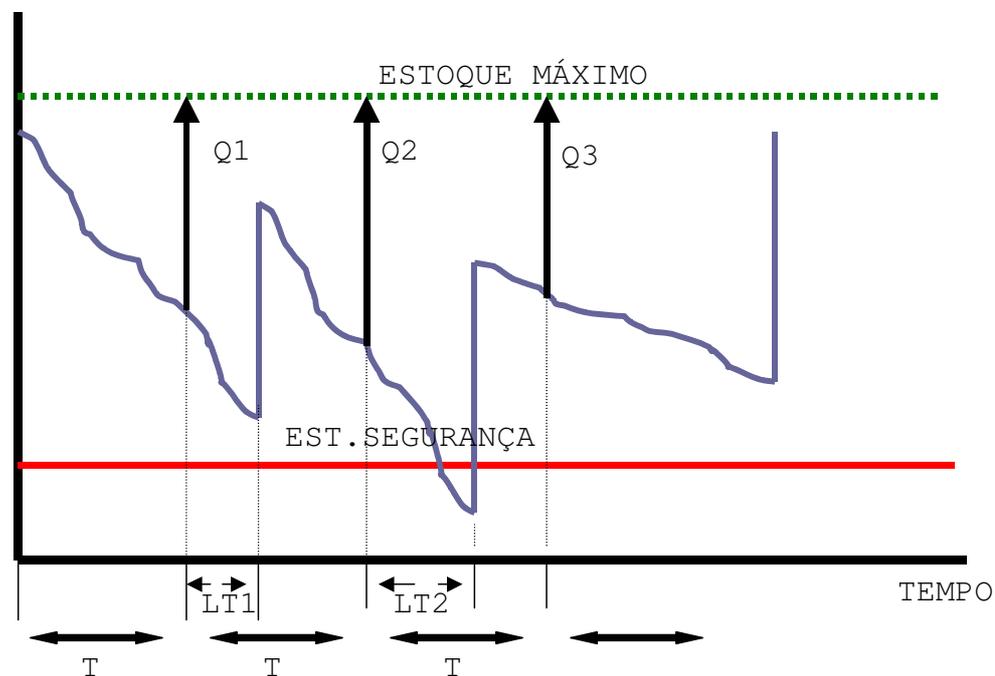


Fonte: Adaptado com modificações de SLACK, N; CHAMBERS, S; HARLAND, C; HARRISON, A; JOHNSTON, R; In: Administração da Produção. São Paulo: Editora Atlas S/A, 1997. cap 12 p.398

FIGURA 4 - ABORDAGEM PONTO DE REPOSIÇÃO

O lote econômico fixo é uma característica desta abordagem. Ela monitora constantemente o inventário e proporciona maior precisão na sua reposição. Entretanto, não é viável para os itens de menor valor dado o alto custo do seu monitoramento e planejamento de reposição. Neste caso opta-se pela abordagem da (b) revisão periódica - que pode resultar num inventário ligeiramente maior, mas com custos menores de administração (Figura 5).

NÍVEL DE ESTOQUE



Fonte: Adaptado com modificações de SLACK, N;  
 CHAMBERS, S; HARLAND, C; HARRISON, A; JOHNSTON, R;  
 In: Administração da Produção. São Paulo: Editora  
 Atlas S/A, 1997. cap 12 p.398

FIGURA 5 - ABORDAGEM REVISÃO PERIÓDICA

Esta abordagem tem a característica de quantidade de reposição (Q) variável em função de um estoque máximo desejado, e o intervalo entre ordens (T) é sempre fixa. Geralmente esta é a abordagem adotada para os grandes sistemas ERP - *Enterprise Resources Planning - Planejamento de Recursos Empresariais*, em função do seu alto custo de processamento.

### 2.6.1 ABORDAGEM PONTO DE REPOSIÇÃO

Se a escolha da abordagem de gerenciamento de um item for a de ponto de reposição, e este item apresentar tanto demanda quanto *lead-time* incertos, Ballou (1992) sugere que seja calculado o desvio-padrão da distribuição da demanda durante o *lead-time*, por meio da equação (1):

$$s'_d = \sqrt{LT \cdot s_d^2 + d^2 \cdot s_{LT}^2}, \quad (1)$$

onde:

$LT$  = *lead-time* médio;

$s_d$  = desvio-padrão da demanda;

$d$  = demanda média; e

$s_{LT}$  = desvio-padrão do *lead-time*.

Alternativamente e com menor precisão, o autor sugere o cálculo do desvio padrão da demanda durante o *lead-time*, tomando por base o maior *lead-time*, conforme a equação (2):

$$s'_d = s_d \cdot \sqrt{LT_{\text{máximo}}}, \quad (2)$$

onde:

$s_d$  = desvio-padrão da demanda ; e

$LT_{\text{máximo}}$  = *lead-time* máximo.

O autor alerta para o fato de que o desvio-padrão calculado pela equação (1) é significativamente mais elevado que o calculado pela equação (2). Conseqüentemente, o estoque de segurança também o será.

Caso se tenha confiabilidade no *lead-time* e apenas a demanda seja incerta, o autor sugere o cálculo do desvio-padrão da demanda durante o *lead-time*, de forma simplificada como segue:

$$s'_d = s_d \cdot \sqrt{LT} \quad , \quad (3)$$

onde:

$s_d$  = desvio-padrão da demanda; e

$LT$  = *lead-time* médio.

Uma vez conhecido o desvio-padrão da distribuição da demanda durante o *lead-time*, pode-se calcular o estoque de segurança e o ponto de reposição, respectivamente com as equações (4) e (5):

$$STK = z \cdot s'_d \quad ; \quad e \quad (4)$$

$$PR = d \cdot LT + z \cdot s'_d \quad ; \quad (5)$$

onde:

$d$  = demanda média;

$LT$  = *lead-time* médio;

$z$  = número de desvios-padrão da média da distribuição da demanda durante o *lead-time*, que assegura a probabilidade desejada de que não faltará estoque durante o *lead-time* (Apêndice C); e

$s'_d$  = desvio padrão da distribuição da demanda durante o *lead-time*.

O inventário médio, segundo o autor, é o total do estoque regular mais o estoque de segurança, como segue:

$$IM = \frac{LE}{2} + z \cdot s'_d, \quad (6)$$

onde:

$LE$  = lote econômico de reposição do item;

$z$  = definição na equação (5); e

$s'_d$  = definição na equação (5).

### 2.6.2 ABORDAGEM REVISÃO PERIÓDICA

Se a abordagem de gestão do item for de revisão periódica, Ballou (1992 cap 12.p432-433) afirma que a principal função do estoque de segurança é proteger o item contra a variação da demanda durante o intervalo entre as ordens de reposição mais o *lead-time*. Na abordagem anterior, o estoque de segurança protege o item contra a variação da demanda apenas durante o *lead-time*. Esta é a principal diferença entre as duas abordagens. Neste caso o desvio-padrão da distribuição da demanda durante o intervalo de reposição mais o *lead-time* é calculado com a equação (7):

$$s'_d = s_d \cdot \sqrt{T + LT}, \quad (7)$$

onde:

$s_d$  = desvio-padrão da demanda;

$T$  = intervalo de ordem de reposição; e

$LT$  = *lead-time* médio.

Nesta abordagem, o autor define que a quantidade de cada ordem de reposição é função do inventário máximo, calculado pela equação (8):

$$M = d \cdot (T + LT) + z \cdot s'_d; \quad (8)$$

onde:

$d$  = demanda média;

$s'_d$  = desvio padrão da distribuição da demanda durante o intervalo de reposição mais o *lead-time*;

$T$  = intervalo de ordem de reposição;

$LT$  = *lead-time* médio; e

$z$  = número de desvios-padrão da média da distribuição da demanda durante o intervalo de reposição adicionado do *lead-time*, que assegura a probabilidade desejada de que não faltará estoque durante este período (Apêndice C).

O inventário médio neste caso é calculado pela equação (9):

$$IM = \frac{1}{2} \cdot d \cdot T + z \cdot s'_d. \quad (9)$$

## 2.7 IMPORTÂNCIA ESTRATÉGICA DO INVENTÁRIO

Na última década, as organizações têm considerado a logística, fator de vantagem competitiva. Christopher (1997.cap 1. p 3) afirma que produtividade e valor são as duas vantagens competitivas das companhias bem sucedidas. Enquanto a primeira proporciona um perfil de custo mais baixo, a segunda proporciona ao produto ou à oferta um diferencial extra sobre os concorrentes. O fato é que o inventário, quando bem dimensionado e gerenciado, contribui tanto para a vantagem de produtividade, ao assegurar a sua disponibilidade ao cliente, como para a vantagem de valor, na medida que tem reflexos no nível de serviço ao cliente.

Contador (1997.cap 9.p 128), ao abordar a produtividade do ponto de vista estratégico, a define como sendo a **"capacitação somente daqueles recursos produtivos que confirmam vantagem competitiva à empresa"**.

O importante desta abordagem é que ao se buscar aumento de produtividade, passa-se pelos esforços de redução de custos. Entretanto, este esforço só vale a pena se aplicados aos recursos que têm uma representatividade competitiva. Se a mão-de-obra for pouco representativa nos custos da empresa, pode ser estratégia da empresa não investir em aumento de produtividade, mas é necessário analisar o inventário agregado por conta de eventual impacto no ciclo de produção.

A compressão do tempo, a globalização da indústria e a integração organizacional têm sido fatores cada vez mais desafiadores para gerenciamento da cadeia logística e da produção. Christopher (1997.cap 9.p 221-222) apresenta uma mensagem básica de que o serviço ao cliente é a fonte principal da vantagem competitiva. Desta forma, o objetivo

da gerência da cadeia logística e produção é gerenciar estratégias que possibilitem a realização de um serviço de qualidade superior e de baixo custo, em relação aos seus concorrentes. Para isto, o autor apresenta o perfil de habilidades fundamentais para esta gerência (Tabela 3).

Tabela 3- PERFIL DE HABILIDADES

| Mudança de Paradigma                 | Conduz a  | Habilidades Necessárias   |
|--------------------------------------|---|---|
| 1.De funções para processos          | Gerenciamento integral do fluxo de materiais e mercadorias          | Compreensão das oportunidades de equilíbrio entre as áreas funcionais                       |
| 2.De lucro para lucratividade        | Enfoque no gerenciamento de recursos e utilização de ativos         | Técnicas de contabilidade e de controle financeiro  |
| 3.De produtos para clientes          | Enfoque nos mercados e no serviço ao cliente                        | Habilidade de definir, medir e gerenciar as necessidades de serviço por segmento de mercado |
| 4.De transações para relacionamentos | Parcerias de co-produção e co-transporte                            | Técnicas de gerenciamento de redes e de otimização, ex:JIT                                  |
| 5.De estoque para informação         | Sistema de reabastecimento com base na demanda e de resposta rápida | Familiaridade com sistemas de informações e com a tecnologia da informação                  |

Fonte: CHRISTOPHER, M. Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos. Ed.1.São Paulo: Livraria Pioneira Editora,1997. cap.9, p.222

A primeira das habilidades necessárias na Tabela 3 é alinhada com a teoria de Porter citada no item 2.3, sobre a importância de se conhecer bem os processos uma vez que a vantagem competitiva deriva das muitas atividades distintas da empresa. Buscar uma Política de Inventário, a partir do conhecimento dos fluxos de valor da cadeia de logística e produção, significa aplicar a primeira destas habilidades para identificar as oportunidades dentre as áreas funcionais. Pode-se acrescentar aqui que o uso desta primeira habilidade conduz não apenas ao gerenciamento integral do fluxo de materiais, como também conduz ao fluxo de informações inerentes e não menos importante para o gerenciamento do inventário.

O quinto paradigma mencionado pelo autor tem o objetivo de reforçar de que o gestor de inventário necessita reagir às reposições de estoques, com velocidade e a qualidade que os sistemas de informações lhe possibilitam. Utilizar adequadamente de dados e informações traz-lhe vantagens competitivas.

Santos et al.(1999) analisam as prioridades competitivas como administração estratégica da manufatura. Quatro indústrias do interior de São Paulo são analisadas, utilizando-se de um delineamento de pesquisa de levantamento. Roteiros e questionários devidamente estruturados são aplicados com profissionais de alta e média gerências, ligados à área de manufatura. As empresas pesquisadas têm características previamente definidas, e operam no setor metal mecânico. São líderes em mercados com alto nível de concorrência e possuem certificação ISO - *International Organization of Standardization*. São investigadas as práticas administrativas e tecnológicas aplicadas durante 5 anos anteriores à realização daquela

pesquisa, e a sua importância para a estratégia empresarial. Ao consultar os gerentes entrevistados, constata-se que os conceitos formais das prioridades competitivas, como **"custo; qualidade; desempenhos das entregas e flexibilidade de produção"** não são explicitamente utilizados em nenhuma das empresas como administração estratégica da manufatura. Entretanto, observa-se que todas as quatro prioridades competitivas estavam presentes nas quatro empresas, cada qual em ordem diferente de prioridade.

É possível que o inventário se encontre presente em pelo menos duas das quatro prioridades estratégicas, de acordo com as definições transcritas pelos autores: (a) Custo - significando a busca por um menor custo de produção, induz ao pensamento de que o inventário se apresenta importante, na medida que o seu custo tem significativo impacto no custo final do produto; (b) Desempenho das entregas - neste caso o inventário desempenha o seu papel importante ao se apresentar disponível no momento que o cliente decidir pela sua aquisição.

Infelizmente, as prioridades competitivas não sendo explicitamente utilizadas como administração estratégica da manufatura, conclui-se que o inventário também não o é. Daí a importância de estudar a política de inventário, estimulando e auxiliando para o gerenciamento estratégico da cadeia logística e de produção.

Slack et al. (1997.cap 2.p 66-67) consideram que a produção pode contribuir para a estratégia empresarial, de três formas diferentes: (a) produção como seguidora, quando em apoio à estratégia, desenvolve objetivos e políticas em conformidade com os recursos que administra. Aqui o inventário pode ser apenas consequência natural do ciclo de

produção, se sua importância financeira não for significativa para o negócio; (b) produção como executora, quando transforma estratégias em realidade operacional. Neste caso, o inventário poderá ser dimensionado com ênfase no nível de serviço estrategicamente mais conveniente para o negócio; (c) produção como líder, quando oferece os meios para a obtenção de vantagem competitiva. É uma situação em que todos os esforços e oportunidades podem ser empenhados a favor da redução máxima do inventário.

Conclui-se que é possível tratar o inventário como elemento importante nas estratégias de manufatura.

## **2.8 ABORDAGEM FINANCEIRA DO INVENTÁRIO**

Todo inventário significa capital imobilizado. Uma vez reduzido, melhora o fluxo de caixa, pois implica em reduzir as compras, e conseqüentemente o desembolso. Significa disponibilizar capital para outras aplicações, entre elas, projetos de interesses estratégicos para o negócio.

Ao analisar 6 tipos diferentes de empresas, Ballou (1993) encontra que o inventário pode representar entre 33% a 72% do ativo circulante, ou seja, ativos cujos itens são de maior liquidez, tais como o caixa, aplicações, contas a receber e estoques.

Sob a óptica da Administração do Capital de Giro, o Inventário é um dos investimentos necessários para sustentar um dado volume de operações. Ele faz parte dos ativos concorrentes, àqueles relacionados principalmente às vendas, e que podem oscilar de um momento para outro. Por isto, o administrador financeiro dedica boa parte do seu tempo planejando e controlando este tipo de investimento.

Sanvicente (1997.cap 8.p 129-134) afirma que investimento em inventário é função do volume de vendas futuras e portanto dinâmico. O seu volume depende de quatro fatores: (a) rapidez que o item pode ser obtido; (b) duração do ciclo de produção, sendo o inventário diretamente proporcional a este ciclo; (c) hábitos de compra dos clientes, quanto mais previsíveis as encomendas, menor os investimentos em inventário; (d) durabilidade dos itens estocados. O autor organiza os conceitos destes quatro fatores em Causas Internas e Causas Externas de acumulação de estoques: (a) Causas Internas - por exemplo quando a produção sugerir ritmo constante e nivelado, e o seu custo compensar o acúmulo de inventário. Outra possibilidade é quando há irregularidade das vendas, e levar à produção por ciclos de utilização do equipamento ou da mão de obra especializada; (b) Causas externas - são relacionadas às condições peculiares do setor em que a empresa atua, ou a situação particular do mercado fornecedor, ou as relações dos fornecedores com a empresa. A influência do comportamento dos clientes, sendo mais ou menos tolerantes com variabilidade do nível de serviço irá influenciar na política de inventário da empresa. O estado da economia é outra causa externa que poderá influenciar na acumulação de inventário. Uma economia em expansão poderá sugerir eventualmente aumento de inventário para suprir eventuais novas demandas. Ainda de acordo com o autor, o objetivo é minimizar as necessidades de investimento em estoque, para se ter benefícios operacionais, reduzir a rotação geral dos recursos, e contribuir para a rentabilidade geral da empresa

## 2.9 ÉTICA NA GESTÃO DO INVENTÁRIO

No campo do comportamento organizacional, Robbins (1999.cap 4.p 87) ensina que valores formam a base para o entendimento de atitudes e motivação, além de influenciar nossas percepções.

Rokeach,apud Robbins (1999.cap 4.p 88), classifica estes valores em: (a) Valores terminais, referindo-se a estados supremos de existência desejados. São as metas que uma pessoa gostaria de alcançar durante a vida; (b) Valores instrumentais, referindo-se a modos de comportamento preferíveis, ou meios de atingir os valores terminais.

Os gerentes responsáveis pela gestão dos inventários podem obter grande vantagem administrativa, se usarem dos sistemas de informações como valores terminais, para alcançar suas metas de inventário. Mas também devem lembrar que os fundamentos do inventário podem servir de valores instrumentais, para assegurar que as metas sejam tangíveis. É nos fundamentos do inventário que se encontram as respostas que podem justificar as metas, planos de ações e procedimentos, que podem assegurar uma política de inventário consistente com a realidade dos processos na empresa.

Navran,apud Arruda (2000.p 29), recorre a um instrumento de mensuração da percepção dos funcionários a respeito do clima ético de uma organização, que fora desenvolvido e testado, porém nunca publicado. Entre 11 indicadores do clima éticos sugeridos, está o dos Sistemas Formais da Organização, em que o autor entende corresponder aos métodos, às políticas e aos procedimentos que claramente identifique qual é o negócio, quando, como, onde e por que ele se realiza. Assim, este estudo torna-se eticamente

relevante, na medida que sugere um método especificado, que poderá justificar e sustentar a política de inventário.

## **2.10 CLASSIFICAÇÃO ABC**

Ao estudar a política de inventário para itens de produto, faz-se o uso da classificação ABC, para identificar aqueles itens de maior interesse estratégico. Os critérios para identificação estratégica podem ser os mais variados, como: (a) financeiro, (b) de volume, (c) de espaço ocupado, etc.

Define-se Classificação ABC como sendo um grupo de itens em ordem decrescente de valor anual de vendas ou qualquer outro critério. Esta matriz de dados é então separada em três classes chamadas de A, B e C. O grupo A representa de 10% a 20% dos itens e de 50% a 70% do valor projetado. O próximo grupo B representa da ordem de 20% dos itens, e 20% do valor projetado. O último grupo C contém de 60% a 70% dos itens e representa aproximadamente de 10% a 30% do valor projetado. O princípio ABC é que se economiza esforço e dinheiro, na medida que se concentra no gerenciamento e controle dos itens do grupo A. Este princípio é muito aplicado no gerenciamento de inventário. Vilfredo Pareto, economista italiano, desenvolveu um conceito em que uma pequena percentagem de itens representa um grande valor. Por exemplo, no inventário, 20% dos itens podem representar 80% do valor total (APICS Dictionary, 2002. p 1).

### **3.0 PROPOSIÇÃO**

O estudo tem o propósito de compreender o efeito de duas variáveis sobre a política de inventário: (a) tempo de ciclo de produção e (b) a variação da taxa diária da demanda. Além de estudar estas variáveis propõe-se também comparar os resultados entre as diferentes abordagens de gerenciamento de inventário, ou seja: (a) abordagem clássica de ponto de reposição e (b) revisão periódica do nível de inventário.

## **4.0 METODOLOGIA**

### **4.1 TIPO DA PESQUISA**

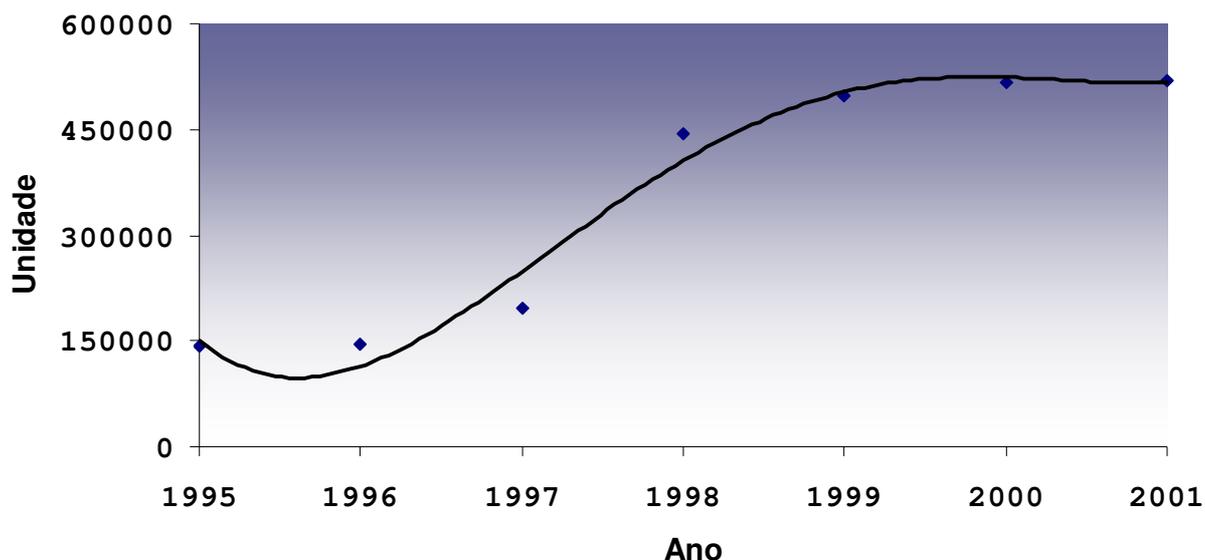
A realização do presente estudo está fundamentada em dois critérios básicos propostos por Vergara (2000.cap 4.p 47): (a) quanto ao fim e (b) quanto ao meio. Quanto ao fim, este estudo é do tipo investigação explicativa e metodológica. Explicativa, porque o objetivo é tornar inteligível a forma como uma política de inventário pode ser tratada dentro de uma unidade de manufatura, compreendendo os fatores que contribuem para a ocorrência do fenômeno. Metodológica, porque se procuram caminhos e procedimentos que possam ser associados à ocorrência do fenômeno.

Quanto ao meio da pesquisa, ela é do tipo levantamento de campo, por se tratar de coleta de dados realizada no local, onde ocorre o fenômeno e onde se encontram os elementos explicativos.

### **4.2 UNIVERSO DA AMOSTRA**

O estudo é efetuado com um item de produto acabado, que representa, historicamente, a maior demanda dentre os 17 itens da família de produto a que pertence. Sua participação de demanda foi em média 21% no período de Janeiro,1995 a Dezembro,2001 (APÊNDICE A e B). É um item "A" no conceito de Classificação ABC da empresa. O produto

encontra-se num estágio mercadológico considerado maduro, ou seja, a sua demanda se mostra estável, como se pode ver na Figura 6. Todos os itens desta linha de produto seguem o mesmo fluxo de produção e apresentam características técnicas similares como produto final, mas com diferentes graus de complexidade de produção.



Fonte: Autor (Apêndices A e B)

FIGURA 6 - MATURIDADE DO PRODUTO AJ2226

#### 4.3 ETAPAS DA PESQUISA

O Plano de Pesquisa é constituído por três etapas.

Etapa 1 - Inicia-se com a elaboração de dois fluxos de valor: (a) processo de produção do item AJ2226 e (b) processo de planejamento de produção. O resultado desta etapa é um conjunto de dados e informações que permitem analisar e concluir sobre: (a) fatores que afetam as variáveis, tempo de ciclo de produção e a taxa diária da demanda; (b) interferências possíveis de rendimentos nas quantidades planejadas de produção; (c) modelo de planejamento de produção e a respectiva abordagem de gerenciamento do inventário, adotado pela empresa.

Etapa 2 - Em seguida, levantam-se os dados de tempo de ciclo de produção, taxa diária da demanda e o tempo do intervalo entre ordens de produção, todos referentes ao mesmo período de Janeiro de 2000 a Fevereiro de 2002. Também nesta etapa faz-se a análise qualitativa dos dados, para identificação de ocorrências que estejam causando desvios e justificando seus ajustes, antes de seguir com a análise quantitativa. De posse dos dados validados desenvolvem-se os cálculos estatísticos de estoque de segurança, estoque médio e máximo para o item em estudo. Esta discussão quantitativa é feita do ponto de vista de duas abordagens de gerenciamento de inventário: (a) Ponto de Reposição; (b) Revisão Periódica.

Etapa 3 - Finalmente, levantam-se os dados do inventário real durante o período de Março a Junho de 2002. Estes dados possibilitam a análise de comportamento do item versus os resultados teóricos encontrados na etapa anterior. Os dados deste novo período são igualmente tratados e estudados, para assegurar que as condições do processo não tenham sido significativamente alteradas em relação ao período estudado na etapa 2, e com isto inviabilizar a comparação entre os resultados encontrados.

## 5.0 RESULTADOS

### 5.1 FLUXOS DE VALOR

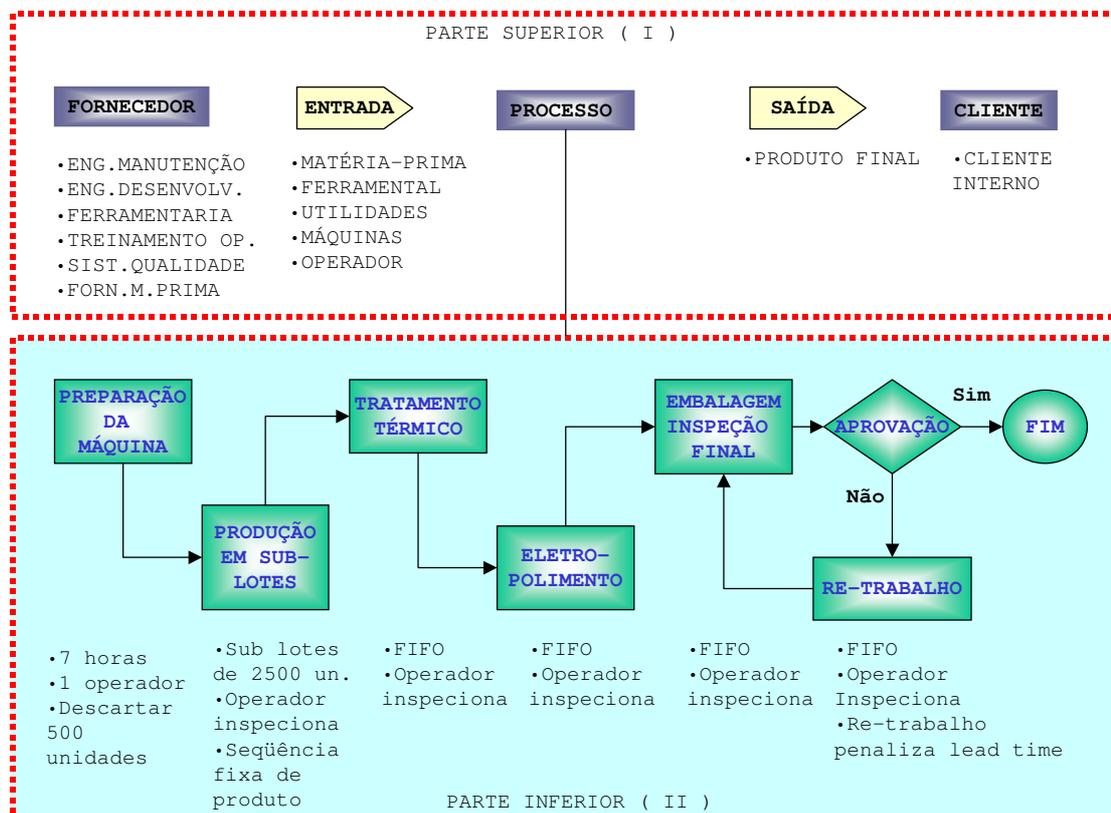
A Figura 7 representa o Fluxo de Valor do Processo de Produção do item AJ2226. A parte superior (I) do fluxo indica a relação dos fornecedores e seus respectivos itens de fornecimento para o processo, além do produto final e o seu respectivo cliente.

A sua parte inferior (II) detalha o processo em suas respectivas fases, indicando os atributos que podem, de alguma maneira, influenciar na política de inventário. Por exemplo, a atividade de preparação da máquina tem como atributos: o total de horas gasta, que influi no tempo de ciclo de produção; o número de operador necessário para esta atividade, indicando fonte de oportunidade de melhoria; a quantidade de produto que se descarta durante o ajuste do equipamento, caracterizando um desperdício e conseqüentemente oportunidade de redução de perdas.

Outra aplicação prática destes dados é que podem ser úteis para o cálculo do lote econômico de produção. Entretanto, neste estudo é utilizado o lote econômico informado pela empresa.

De forma similar, todos os demais atributos relacionados no fluxo de valor têm sua importância relativa para a política de inventário: tamanho de sub-lotes; sistema de inspeção do produto; seqüência fixa de produção dos itens; aplicação de sistema *FIFO First in first out* -

*Primeiro a entrar primeiro a sair;* possibilidade de reprovação e separação de produtos ruins. Todos estes atributos podem interferir no tempo de ciclo de produção que por sua vez interfere na política de inventário.

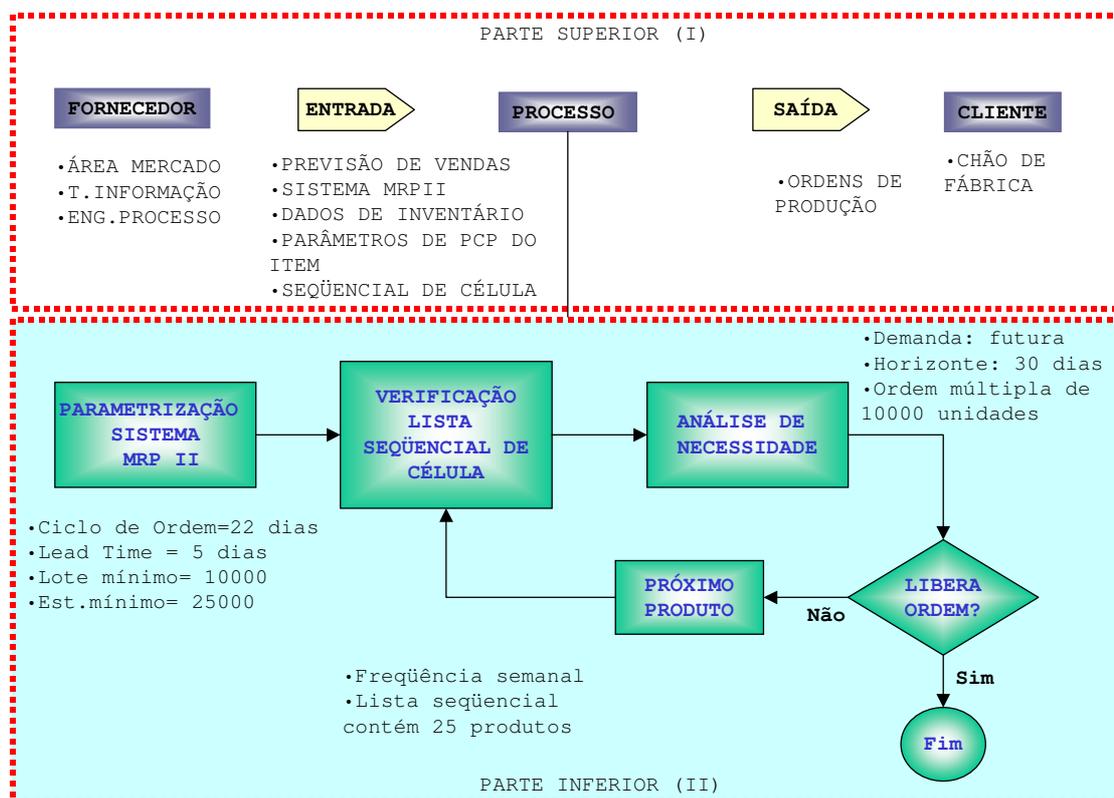


Fonte: Autor

FIGURA 7 - FLUXO DE VALOR DO PROCESSO DE PRODUÇÃO

A Figura 8 ilustra o Fluxo de Valor do Processo de Planejamento de Produção. A parte superior (I) do fluxo ilustra as fontes de entrada e saída do processo, enquanto a parte inferior (II) mostra os atributos e seus respectivos parâmetros para o planejamento da produção: o intervalo de tempo entre as ordens de produção de 22 dias em média; o tempo de ciclo médio de produção é de 5 dias; o lote mínimo de produção é de 10000 unidades; o estoque mínimo é de 25000 unidades; a frequência de revisão

periódica das necessidades de produção é semanal; o item em estudo compartilha a sua célula de produção com outros 24 diferentes produtos. Cada um destes itens tem a sua influência para o cálculo do estoque de reposição.



Fonte: Autor

FIGURA 8 – FLUXO DE VALOR DO PROCESSO DO PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO

## 5.2 LEVANTAMENTO DOS DADOS

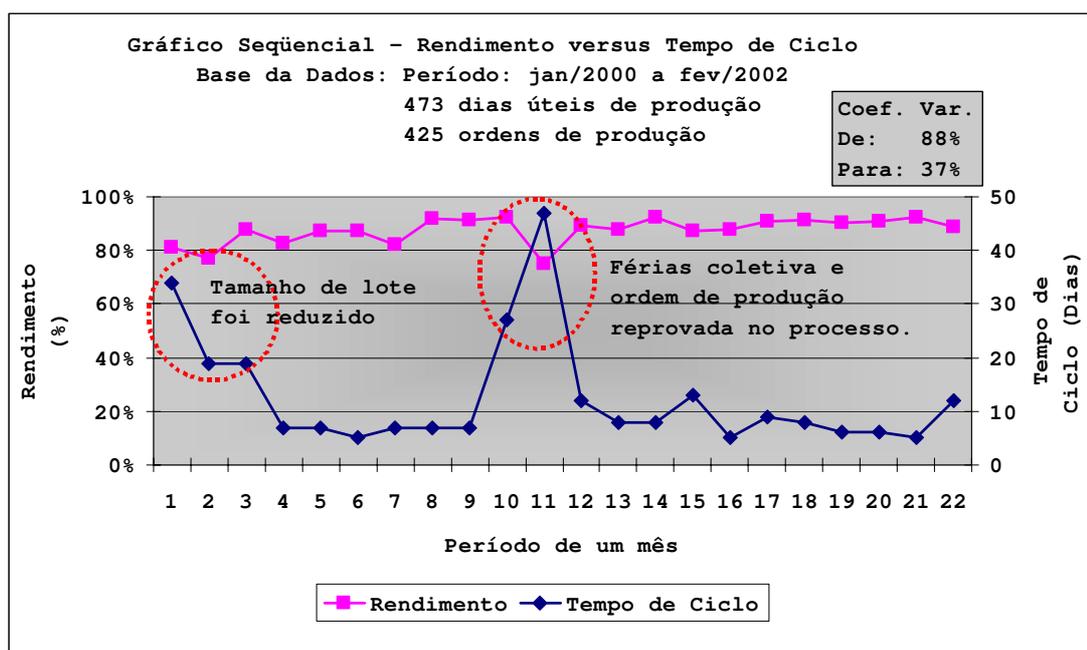
Esta atividade serve-se de um de banco de dados da empresa, contendo informações sobre 425 ordens de produção do produto AJ2226, concluídas num período de 473 dias úteis, de janeiro de 2000 a fevereiro de 2002.

Os dados estão disponibilizados em relatórios computadorizados e guardados no centro documental da empresa.

Cada ordem de produção guarda a sua data de início e fim da produção, de onde os dias são então individualmente calculados e totalizados em médias aritméticas mensais. Estas são então as médias de tempo de ciclo de produção ou *lead-time*, utilizados para este estudo.

É tomado o cuidado de excluir deste levantamento todas as ordens de produção reprovadas integralmente no processo. O motivo é que elas permaneciam paradas na produção esperando por decisões de recuperação e, conseqüentemente, gerando um efeito de prolongamento irreal do *lead-time*.

Embora a variável de interesse no momento seja o tempo de ciclo de produção, aproveita-se a disponibilidade dos dados de rendimento das ordens de produção (Figura 9), para observar se as incertezas das quantidades recebidas afetam a política de inventário conforme alertado por Garcia et al (2001) no item 2.6.

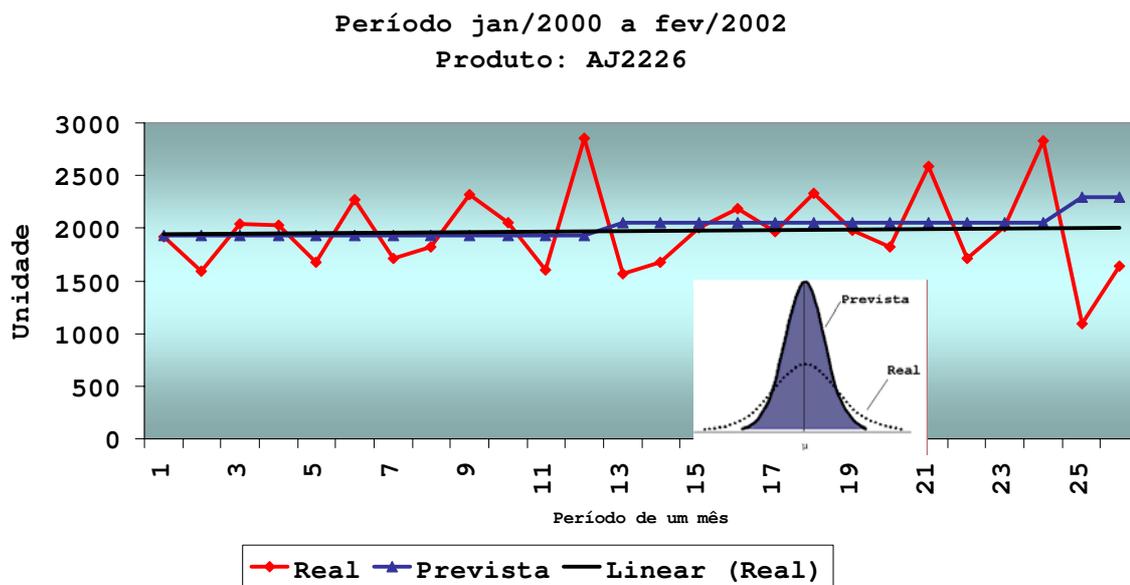


Fonte: Autor (Apêndice F)

FIGURA 9 - TEMPO DE CICLO DE PRODUÇÃO E RENDIMENTO

Observa-se que 5 pontos se apresentam com valores visualmente superiores à maioria, sinalizando a necessidade de uma análise qualitativa mais detalhada e que se encontra no item 6.1.

Os dados de demanda foram igualmente obtidos dos arquivos da empresa, para o mesmo período, ou seja, de janeiro de 2000 a fevereiro de 2002, estando representados na Figura 10.



Fonte: Autor (Apêndice G)

FIGURA 10 - TAXA MÉDIA DIÁRIA DE DEMANDA PREVISTA X REAL

O tempo de intervalo entre as ordens de produção é um dado indispensável para o cálculo do desvio-padrão da demanda durante o *lead-time* de produção. Igualmente aos dados anteriores, este dado (Tabela 4) é também obtido dos arquivos da empresa.

TABELA 4 - INTERVALO DE DIAS CORRIDOS ENTRE ORDENS DE REPOSIÇÃO

| ano           | 1999 |     |     |     |     | 2000 |     |     |     |     |     |
|---------------|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| mês           | dez  | jan | fev | mar | abr | mai  | jun | jul | set | nov | dez |
| dia           | 21   | 31  | 23  | 20  | 20  | 10   | 1   | 12  | 28  | 20  | 15  |
| dias corridos |      | 41  | 23  | 26  | 31  | 20   | 22  | 41  | 78  | 53  | 25  |

| ano           | 2001 |     |     |     |     | 2002 |     |     |     |
|---------------|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|
| mês           | mar  | abr | abr | mai | jun | set  | out | jan | fev |
| dia           | 2    | 6   | 25  | 18  | 22  | 13   | 15  | 9   | 8   |
| dias corridos | 77   | 35  | 19  | 23  | 35  | 83   | 32  | 78  | 30  |

Finalmente, são levantados os dados reais do inventário, durante o período de março a junho de 2002, que representam 17 semanas consecutivas dos quatro meses subsequentes aos dados históricos estudados anteriormente (Tabela 5).

TABELA 5 - INVENTÁRIO REAL

| ano                   | 2002  |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| mês                   | mar   |       |       |       | abr   |       |       |       |
| semana                | 1     | 2     | 3     | 4     | 1     | 2     | 3     | 4     |
| quantidade em estoque | 19210 | 20560 | 53660 | 42970 | 29350 | 21530 | 16060 | 43700 |

| ano                   | 2002  |      |      |       |       |       |     |       |       |  |
|-----------------------|-------|------|------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|--|
| mês                   | mai   |      |      |       |       | jun   |     |       |       |  |
| semana                | 1     | 2    | 3    | 4     | 1     | 2     | 3   | 4     | 5     |  |
| quantidade em estoque | 31650 | 9150 | 3620 | 30550 | 28000 | 13760 | 240 | 52200 | 78650 |  |

## **6.0 DISCUSSÃO**

Neste item, duas abordagens de discussão são conduzidas. A primeira trata-se da discussão qualitativa dos dados, procurando estabelecer relações entre causas e efeitos observados. Também se procura validar os dados de acordo às teorias estatísticas diretamente relacionadas com este estudo. A segunda abordagem de discussão é de ordem quantitativa, onde estão calculados os estoques de segurança, estoques médios, estoques de reposição e estoques máximos.

### **6.1 DISCUSSÃO QUALITATIVA DOS DADOS**

Observando a Figura 7, percebe-se que é necessário investigar os motivos que podem ter contribuído para elevar os cinco valores de tempo de ciclo de produção, que visualmente estão acima da maioria dos demais pontos. O que se detecta é que a partir de março de 2000, a empresa reduziu o tamanho dos lotes de produção de 43000 para 2500 unidades. Os lotes maiores comprometiam o tempo de ciclo de produção.

A partir de então, os tempos de ciclos de produção se estabilizaram em um patamar de variação bem menor. Assim sendo, os meses de janeiro a março de 2000 são excluídos do conjunto de dados como procedimento de ajuste.

Os dias de tempo de ciclo no mês de janeiro de 2001 também se apresentam com grande desvio, porque a empresa estava em férias coletivas e as ordens de produção

permaneceram paradas no processo por 11 dias. Portanto, foi necessário ajustar o dado de tempo de ciclo de 27 para 16 dias.

Também é excluído o dado do mês de fevereiro de 2001, pois apenas uma ordem de produção foi executada e ainda reprovada no processo. Ela permaneceu no processo por 47 dias em estado de reprovada, comprometendo assim o tempo de ciclo de produção. Este fato pode inclusive ser comprovado pela queda do rendimento. Entre os meses de abril de 2000 a janeiro de 2001, o rendimento manteve-se no intervalo entre 82% a 92% e em fevereiro de 2001 caiu para 75%.

Comparando a análise estatística antes e depois dos ajustes dos dados, conclui-se que o coeficiente de variação melhora em 51 pontos percentuais, o que proporciona melhor confiabilidade nos dados (Tabela 6).

TABELA 6 - COMPARAÇÃO DA ANÁLISE ESTATÍSTICA DO TEMPO DE CICLO DE PRODUÇÃO

| UNIDADE = DIAS  |      |  |  |      |
|---|------|--|--|------|
| Análise estatística do Tempo de Ciclo antes dos dados ajustados |      |  | Análise estatística do Tempo de Ciclo depois dos dados ajustados |      |
| Média   | 12,2 |  | Média  | 8,2  |
| Desvio-padrão   | 10,7 |  | Desvio-padrão  | 3,1  |
| Coeficiente de Variação   | 88%  |  | Coeficiente de Variação  | 37%  |
| Mínimo  | 5,0  |  | Mínimo   | 5,0  |
| Máximo  | 47,0 |  | Máximo   | 16,0 |
| Contagem  | 22,0 |  | Contagem   | 18   |

Levine (2000. Cap 11. p 529-537) define que o coeficiente de correlação tem o objetivo de identificar a força da associação entre duas variáveis, e pode variar de -1 para a correlação negativa perfeita até +1 para a correlação positiva perfeita. De forma complementar, no

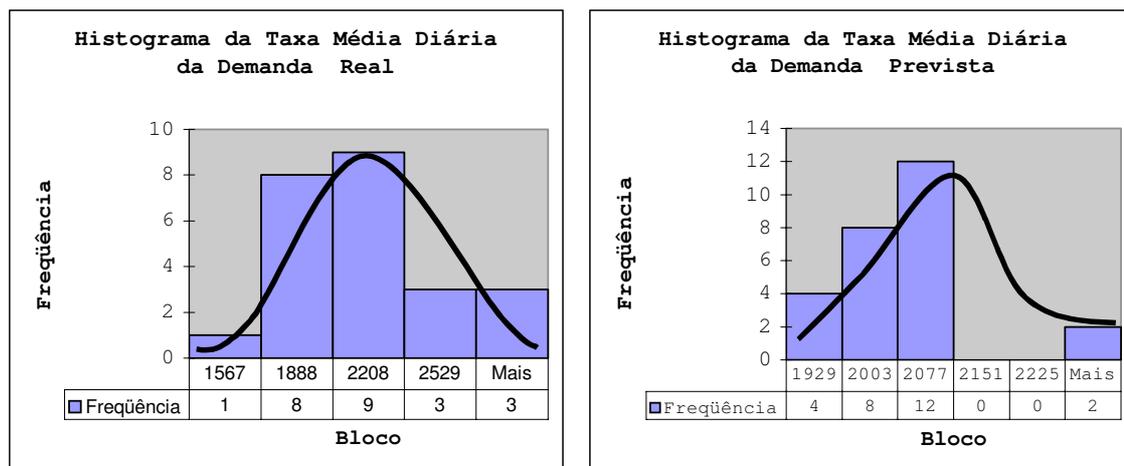
modelo de regressão, o coeficiente de determinação mede a proporção da variação, que é explicada pela variável independente.

Ao analisar a correlação entre tempo de ciclo de produção e rendimento como a variável independente, encontra-se que depois dos dados ajustados, o coeficiente de correlação é igual a 0,255 enquanto que, antes do ajuste, é de -0,612. Há evidências de que o tempo de ciclo aumenta na medida que o rendimento diminui (Tabela 7). Assim sendo, recomenda-se um estudo específico da correlação entre as duas variáveis pois, se a produção for monitorada em tempo real, torna-se possível prever necessidades complementares de produção, na medida que o tempo de ciclo aumenta.

TABELA 7 - CORRELAÇÃO ENTRE TEMPO DE CICLO DE PRODUÇÃO E RENDIMENTO

| Análise de Correlação antes dos dados ajustados |        |    | Análise de Correlação depois dos dados ajustados |       |    |
|---|--------|----|--|-------|----|
|   | Rend   | TC |  | Rend  | TC |
| Rend  | 1      |    | Rend   | 1     |    |
| TC  | -0,612 | 1  | TC   | 0,255 | 1  |

Ao analisar estatisticamente os dados de demanda da Figura 10, verifica-se que a taxa média diária da demanda real no período apresenta um comportamento similar a uma distribuição normal, enquanto a taxa média diária da demanda prevista apresenta uma distribuição mais deformada em relação a uma distribuição normal (Figura 11).



Fonte: Autor (Apêndice G)

FIGURA 11 - HISTOGRAMAS DAS TAXAS MÉDIAS DIÁRIAS DE DEMANDA

No caso da demanda real, a média aritmética é de 1973 unidades e o desvio-padrão igual a 398 unidades, resultando em um coeficiente de variação de 20%. A demanda prevista tem sua média igual a 2017 unidades, e o desvio-padrão igual a 105 unidades, representando um coeficiente de variação de 5% (Tabela 8).

TABELA 8 - ANÁLISE ESTATÍSTICA TAXAS DE DEMANDA

| Análise estatística da demanda real e da demanda prevista | Taxa demanda real | Taxa demanda prevista |
|---|-------------------|-----------------------|
| Média   | 1973              | 2017                  |
| Desvio-padrão   | 398               | 105                   |
| Coeficiente de Variação (%)                               | 20%               | 5%                    |
| Mínimo  | 1095              | 1929                  |
| Máximo  | 2849              | 2299                  |
| Contagem  | 26                | 26                    |

Diante dos resultados destas amostras, torna-se relevante uma análise estatística quanto às diferenças entre as médias e as variâncias das duas populações, porque

elas podem causar diferentes efeitos no inventário, dependendo de como a empresa aborda o planejamento de reposição dos seus estoques.

O cálculo do estoque de segurança pode apresentar-se super ou sub dimensionado, se houver diferenças significativas entre as variâncias das duas populações, prevista e real.

Tanto a abordagem de gerenciamento de *Ponto de Reposição* quanto à de *Revisão Periódica* dos inventários, utilizam a média de demanda para os cálculos de estoque de reposição e estoque máximo, respectivamente. Se as médias das duas populações são diferentes, a empresa poderá também estar super ou sub estimando os estoques de reposição ou estoque máximo, ao utilizarem as previsões de demanda futuras.

Como o estoque de segurança é calculado com base no desvio-padrão da demanda real durante o período de *lead-time*, não há com o que se preocupar, se a empresa utilizar-se apenas do seu histórico de vendas para planejar suas operações. Entretanto, grande número de empresas utiliza previsões futuras para o seu planejamento operacional. Neste caso, os dados de previsões de demanda futuras exercem influências sobre as políticas e abordagens de gerenciamento do inventário, porque predomina uma característica dinâmica do estoque, isto é, a cobertura de inventário flutua conforme a previsão de demanda futura.

Para verificar a diferença entre as variâncias das duas populações, Levine(2000. Cap 8.p 392) explica um procedimento estatístico que se baseia na razão entre as variâncias  $S_n$  das duas amostras. Supondo que os dados de cada população são distribuídos normalmente, então a razão

$\frac{s_1^2}{s_2^2}$  segue uma distribuição chamada distribuição F, em homenagem ao estatístico R.A. Fisher que a criou (APÊNDICE D). Esta análise estatística é conhecida como "Teste-F:duas amostras para variâncias", (Tabela 9), podendo-se utilizar programas estatísticos disponíveis no mercado.

TABELA 9 - TESTE F:DUAS AMOSTRAS PARA VARIÂNCIAS

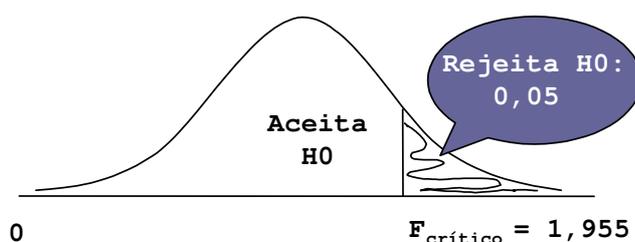
|                     | Taxa<br>demanda<br>real | Taxa<br>demanda<br>prevista |
|---------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Média               | 1973                    | 2017                        |
| Variância           | 158416                  | 10939                       |
| Observações         | 26                      | 26                          |
| gl                  | 25                      | 25                          |
| F                   | 14,481                  |                             |
| P(F<=f) unicaudal   | 1,75146E-09             |                             |
| F crítico unicaudal | 1,955                   |                             |

O valor de  $F = 14,481$  é resultante da razão das variâncias das taxas médias diárias das duas amostras da Figura 10. O valor de  $F_{\text{crítico unicaudal}} = 1,955$ , corresponde à área da cauda superior da curva de distribuição F (Figura 12), que é função do grau de liberdade (gl) resultante do número de observações de cada amostra menos um.

A hipótese nula ( $H_0$ ) neste teste é de que a variância da taxa média diária da demanda real  $s_1^2$  é menor ou igual à variância da taxa média diária da demanda prevista  $s_2^2$ . Uma vez encontrado o valor de F, maior que  $F_{\text{crítico}}$  para o nível de significância igual a 0,05, a hipótese nula deve ser rejeitada. Portanto, há fortes evidências de que a população taxas médias diárias da demanda real tenha uma variância maior que a população taxas médias diárias da demanda prevista. Este resultado

indica que o estoque de segurança poderá estar subdimensionado se a empresa adotar a demanda futura para o seu planejamento operacional.

FIGURA 12 - TESTE F: DUAS AMOSTRAS PARA VARIÂNCIAS



Partindo dos mesmos pressupostos de normalidade das duas populações, testa-se a igualdade das duas médias, por meio da função Test-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes (Tabela 10).

TABELA 10 - TESTE t: DUAS AMOSTRAS PRESUMINDO VARIÂNCIAS DIFERENTES

|                                | Taxa<br>demanda<br>real | Taxa<br>demanda<br>prevista |
|--------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Média                          | 1973                    | 2017                        |
| Variância                      | 158416                  | 10939                       |
| Observações                    | 26                      | 26                          |
| Hipótese da diferença de média | 0                       |                             |
| gl                             | 28                      |                             |
| Stat t                         | -0,540                  |                             |
| P(T<=t) bicaudal               | 0,594                   |                             |
| t crítico bicaudal             | 2,048                   |                             |

O teste t verifica se a hipótese nula de que não há diferença entre as duas médias é verdadeira (Apêndice E). Com o nível de significância de 0,05, o valor estatístico

de  $t_{\text{crítico}}$  de cauda inferior é igual a  $-2,048$  e o de cauda superior é igual a  $2,048$  (Figura 13).

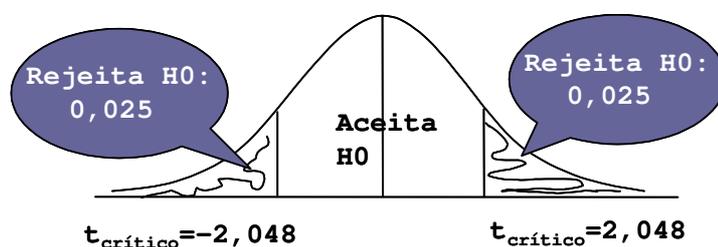


FIGURA 13 - TESTE  $t$ : DUAS AMOSTRAS PRESUMINDO VARIÂNCIAS DIFERENTES

O valor estatístico calculado de  $t = -0,540$  está no intervalo entre os dois valores críticos. Portanto se encontra na zona em que se aceita a hipótese nula de que as médias das duas populações são iguais. Pode-se então concluir que o uso da média diária da demanda real para os cálculos da política de inventário é adequado, mesmo se a empresa adotar política de estoque dinâmica, onde se usam as previsões de demanda futuras.

A Figura 14 representa o perfil das duas populações das taxas diárias de demanda, onde as curvas A e B representam, respectivamente, as distribuições das taxas das demandas real e prevista, ambas com média  $\mu$ , mas desvios-padrão diferentes.

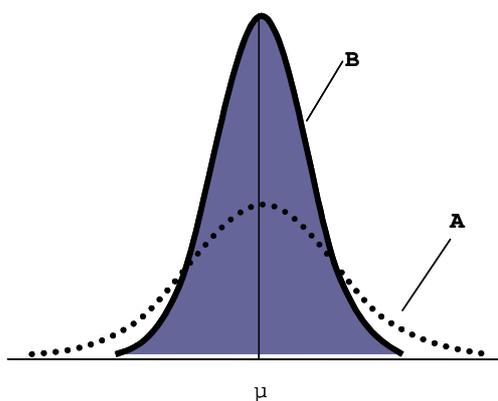


FIGURA 14 - PERFIL DA DISTRIBUIÇÃO DAS TAXAS DIÁRIAS DE DEMANDA REAL E PREVISTA

A Tabela 11 é o resultado da análise estatística dos dados amostrados de dias corridos entre ordens de reposição, citados na Tabela 4. Esta análise resulta numa média de 41 dias. A dispersão é grande, pois os valores mínimo e máximo encontrados na amostra são 19 e 83 dias, e o coeficiente de variação é de 53,7%. Apesar disto, neste caso, não há ajuste a ser feito nos dados, por se tratar de característica própria do processo de planejamento de produção. O fato ocorre porque a empresa trabalha com o conceito de *lean manufacturing* e, para que se tenha o máximo de aproveitamento dos recursos produtivos, estabeleceu-se como política fixar uma seqüência lógica de produção de diferentes itens para cada célula de produção. Neste caso, o produto AJ2226 concorre com outros 24 produtos, de maneira que o intervalo entre o início de uma ordem de produção e outra é excessivamente afetado pela variação da demanda ou de produção destes outros itens. Portanto, é uma característica importante do processo que precisa ser levado em conta para a política de inventário do produto em estudo.

TABELA 11 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DE DIAS CORRIDOS ENTRE  
ORDENS DE REPOSIÇÃO

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| Média                    | 41,0  |
| Desvio padrão            | 22,0  |
| Coefficiente de Variação | 53,7% |
| Mínimo                   | 19,0  |
| Máximo                   | 83,0  |
| Contagem                 | 19,0  |

## 6.2 DISCUSSÃO QUANTITATIVA DOS DADOS

Os dados levantados no item anterior possibilitam uma discussão quantitativa do ponto de vista das duas abordagens discutidas nos itens 2.6.1 Ponto de Reposição e 2.6.2 Revisão Periódica. A importância em estudar as duas abordagens é que o resultado da política de inventário pode indicar vantagens competitivas e/ou de custos diferentes em ambos os casos. Isto permite decisões gerenciais e estratégicas mais bem sustentadas.

### 6.2.1 DO PONTO DE VISTA PONTO DE REPOSIÇÃO

Calcula-se o desvio padrão da demanda do item durante o *lead-time* de produção. Para isto, faz-se uso da equação (1), onde se combinam as variâncias do tempo de ciclo de produção e taxa da demanda real, ou seja:

$$s'_d = \sqrt{LT \cdot s_d^2 + d^2 \cdot s_{LT}^2} \quad , \quad (1)$$

onde:

$$LT = \text{lead-time médio} = 8,2 \text{ dias};$$

$$s_d = \text{desvio-padrão/taxa demanda real} = 398;$$

$$d = \text{demanda média} = 1973; \text{ e}$$

$$s_{LT} = \text{desvio-padrão/tempo de ciclo} = 3,1 \text{ dias}$$

Como resultado desta equação, encontra-se um desvio-padrão para a taxa de demanda real, durante o *lead-time* igual a

$$s'_d = 6181 \text{ unidades.}$$

Alternativamente, também se usa a equação (2), utilizando-se do tempo de ciclo máximo encontrado, neste caso igual a 16 dias.

$$s'_d = s_d \cdot \sqrt{LT_{\text{máximo}}} \quad (2)$$

Como resultado desta equação o desvio-padrão é

$$s'_d = 1592 \text{ unidades.}$$

A comparação entre os dois resultados anteriores confirma a teoria de que a equação (1) eleva significativamente o desvio padrão e conseqüentemente o estoque de segurança.

Como terceira alternativa, aplica-se a equação (3), usando a média dos tempos de ciclo de produção, neste caso igual a 8,2 dias.

$$s'_d = s_d \cdot \sqrt{LT} \quad (3)$$

Como resultado desta equação o desvio-padrão é

$$s'_d = 1141 \text{ unidades.}$$

Como mencionado anteriormente, a equação (3) é útil no caso em que o desvio-padrão do tempo de ciclo é próximo de zero. Neste caso, o coeficiente de variação do tempo de ciclo igual a 37% é muito significativo, pois ele contribui para que o estoque de segurança seja 5,4 vezes maior do que seria, caso não houvesse desvio no tempo de ciclo, ou seja:

$$\frac{S'_d}{S_d} = \frac{6181}{1141} = 5,4 \text{ vezes.}$$

Esta alternativa não será portanto aplicada neste estudo, servindo apenas para explicar o grau de significância do coeficiente de variação do tempo de ciclo.

Para que se possa calcular o estoque de segurança usando o desvio-padrão da taxa de demanda real durante o tempo de ciclo, é necessário saber primeiramente qual o valor de  $Z$  (Apêndice C), que representa o número de desvios-padrão da média da distribuição da demanda durante o *lead-time*. Este valor assegura a probabilidade desejada de que não faltará estoque durante o *lead-time*. No caso deste estudo, a empresa tem como objetivo que a quantidade de cada item de um pedido de cliente seja atendida em no mínimo 96% dentro do prazo negociado. Entretanto, ela trabalha com a meta de elevar este índice a 98%. Os valores de  $Z$  (Apêndice C) para estes respectivos níveis de serviço desejados são iguais a 2,06 e 2,33. O cálculo do estoque de segurança é então realizado por meio da equação (4). Neste estudo, possibilitará quatro resultados, pois há dois valores distintos de  $Z$ , para cada um dos dois valores de  $s'_d$ , calculados anteriormente com as equações (1) e (2), ou seja:

$$STK = 2,06 \times 6181 = 12734; \quad (A)$$

$$STK = 2,06 \times 1592 = 3279; \quad (B)$$

$$STK = 2,33 \times 6181 = 14402; \quad \mathbf{e} \quad (C)$$

$$STK = 2,33 \times 1592 = 3709. \quad (D)$$

O significado dos resultados é que os estoques de segurança (A) e (C) se fazem necessários para assegurar que, respectivamente 96% e 98% dos pedidos sejam atendidos prontamente, se adotado o desvio-padrão da demanda durante o tempo de ciclo calculado pela equação (1).

Melhorar o atendimento em dois pontos percentuais, representa um investimento de mais 13% em estoque. Analogamente, os estoques de segurança (B) e (D) são, respectivamente, necessários para 96% e 98% de atendimento pronto dos pedidos, caso o desvio-padrão da demanda durante o tempo de ciclo tenha sido calculado pela forma simplificada da equação (2).

Conhecendo-se o estoque de segurança, é possível então calcular os seus correspondentes pontos de reposição, utilizando a equação (5):

$$PR = d \cdot LT_{\text{médio/máximo}} + STK \quad , \quad (5)$$

onde:

$$d = \text{demanda média} = 1973;$$

$$LT_{\text{médio}} = \text{lead-time médio} = 8,2 \text{ dias}; \text{ ou}$$

$$LT_{\text{máximo}} = \text{lead-time máximo} = 16 \text{ dias}.$$

Portanto:

$$PR = 1973 \times 8,2 + 12734 = \mathbf{28959}; \quad (A)$$

$$PR = 1973 \times 16 + 3279 = \mathbf{34847} \quad ; \quad (B)$$

$$PR = 1973 \times 8,2 + 14402 = \mathbf{30628}; \text{ e} \quad (C)$$

$$PR = 1973 \times 16 + 3709 = \mathbf{35277} \quad . \quad (D)$$

Observa-se que embora os estoques de segurança calculados anteriormente a partir das equações (1) e (2) sejam muito diferentes, os respectivos pontos de reposição são muito próximos. Verifica-se o fato comparando os resultados (A) com (B) e (C) com (D). Isto indica que, se a empresa adotar a abordagem Ponto de Reposição, é possível utilizar a forma simplificada de cálculo da equação (2), para estabelecer a

sua política de reposição do estoque, sem comprometer o atendimento ao cliente.

Para completar o estudo nesta abordagem de ponto de reposição, deve-se ainda calcular o inventário médio. Para isto, faz-se uso da equação (6), cujo lote econômico foi fornecido pela empresa.

$$IM = \frac{LE}{2} + z \cdot s'_d \quad , \quad (6)$$

onde:

$LE$  = lote econômico de reposição do item = 105670 unidades.

Desta maneira são obtidos:

$$IM = (105670 \div 2) + 12734 = \mathbf{65569}; \quad (A)$$

$$IM = (105670 \div 2) + 3279 = \mathbf{56114}; \quad (B)$$

$$IM = (105670 \div 2) + 14402 = \mathbf{67238}; \quad \mathbf{e} \quad (C)$$

$$IM = (105670 \div 2) + 3709 = \mathbf{56544}. \quad (D)$$

Os resultados (A) e (C) representam, em média, o inventário cujo investimento a empresa deve prever em seus orçamentos para assegurar um nível de serviço de 96% ou 98%, respectivamente, se o estoque de segurança tiver sido calculado a partir da equação (1), ou seja, combinando as variâncias do lead-time de produção e da demanda real.

Os resultados (B) e (C) indicam um inventário médio muito inferior por fazer uso do estoque de segurança calculado a partir da equação (2), ou seja, da forma simplificada em que se usa o lead-time máximo de produção.

### 6.2.2 DO PONTO DE VISTA REVISÃO PERIÓDICA

Nesta abordagem de gerenciamento de inventário, é também necessário calcular o desvio-padrão da demanda do item durante o *lead-time* de produção. Para isto, faz-se uso da equação (7), onde se combinam o *lead-time* de produção e o intervalo de tempo entre uma ordem de produção e outra. Conforme discutido no item 6.1 (Tabela 11), o intervalo de tempo do produto em questão, apresenta-se com coeficiente de variação elevado e portanto, serão estudadas três alternativas de inventário, considerando os intervalos de tempos mínimo, médio e máximo conforme apresentado a seguir:

$$s'_d = s_d \cdot \sqrt{T_{\text{mínimo/médio/máximo}} + LT} \quad , \quad (7)$$

onde:

$s_d$  = desvio-padrão da demanda = 398

unidades;

$T$  = intervalo de ordem de reposição;

$T_{\text{mínimo}}$  = 19 dias,

$T_{\text{médio}}$  = 41 dias,

$T_{\text{máximo}}$  = 83 dias,

$LT$  = *lead time* = 8,2 dias.

Portanto:

$$s'_{d_{\text{mínimo}}} = 2077 \text{ unidades};$$

$$s'_{d_{\text{médio}}} = 2792 \text{ unidades}; \text{ e}$$

$$s'_{d_{\text{máximo}}} = 3801 \text{ unidades.}$$

Calculado o desvio-padrão da demanda durante o *lead-time* de produção, pode-se então calcular o estoque de segurança, por meio da equação (4), onde Z apresenta anteriormente já obtidos no Apêndice C, ou seja, mínimo de 2,06 e máximo igual a 2,33, decorrente dos níveis mínimo e máximo de serviço ao cliente de 96% e 98% desejado pela empresa.

A combinação destes dois diferentes valores de Z, com três diferentes desvios-padrão da demanda calculados anteriormente, resultam em 6 diferentes valores de estoque de segurança a saber:

$$STK = 2,06 \times 2077 = \mathbf{4278}, \quad (A)$$

$$STK = 2,06 \times 2792 = \mathbf{5752}, \quad (B)$$

$$STK = 2,06 \times 3801 = \mathbf{7831}, \quad (C)$$

$$STK = 2,33 \times 2077 = \mathbf{4839}, \quad (D)$$

$$STK = 2,33 \times 2792 = \mathbf{6506}, \quad \mathbf{e} \quad (E)$$

$$STK = 2,33 \times 3801 = \mathbf{8857}. \quad (F)$$

O significado destes valores é que a empresa deve manter um investimento equivalente a estoque de segurança que pode variar de 4278 até 8857 unidades, dependendo da sua decisão estratégica em combinar duas decisões de: assegurar um nível de serviço entre o mínimo de 96% e máximo de 98% ao cliente, mais a decisão de assumir um intervalo de tempo entre as ordens de produção que pode variar entre 19 e 83 dias.

A teoria define que, nesta abordagem de Revisão Periódica, a quantidade de cada ordem de reposição é função do inventário máximo, calculado pela equação (8):

$$M = d \cdot (T_{\text{mínimo/médio/máximo}} + LT) + z \cdot s'_d, \quad (8)$$

onde:

$d$  = demanda média = 1973 unidades;

$z \cdot s'_d = STK$  = estoque de segurança;

$T$  = intervalo de ordem de reposição;

$T_{\text{mínimo}} = 19$  dias,

$T_{\text{médio}} = 41$  dias,

$T_{\text{máximo}} = 83$  dias, e

$LT = \text{lead-time médio de produção} = 8,2$

dias.

Portanto, de forma análoga ao estoque de segurança, haverá seis possibilidades de estoque máximo:

$$M = 1973 \times (19 + 8,2) + 4278 = \mathbf{57998}, \quad (A)$$

$$M = 1973 \times (41 + 8,2) + 5752 = \mathbf{102887}, \quad (B)$$

$$M = 1973 \times (83 + 8,2) + 7831 = \mathbf{187848}, \quad (C)$$

$$M = 1973 \times (19 + 8,2) + 4839 = \mathbf{58559}, \quad (D)$$

$$M = 1973 \times (41 + 8,2) + 6506 = \mathbf{103641}, \text{ e} \quad (E)$$

$$M = 1973 \times (83 + 8,2) + 8857 = \mathbf{188874}. \quad (F)$$

Estes resultados demonstram que, nesta abordagem de gerenciamento, a empresa será requerida a investimentos máximos em inventário que variam de 57998 a 188874 unidades, dependendo do nível de serviço desejado e da política de intervalo das ordens de reposição.

Complementando o estudo nesta abordagem, calcula-se então o inventário médio aplicando a equação (9):

$$IM = \frac{1}{2} \cdot d \cdot T + z \cdot s'_d . \quad (9)$$

Portanto,

$$IM = \left(\frac{1973}{2} \times 19\right) + 4278 = \mathbf{23025}, \quad (A)$$

$$IM = \left(\frac{1973}{2} \times 41\right) + 5752 = \mathbf{46207}, \quad (B)$$

$$IM = \left(\frac{1973}{2} \times 83\right) + 7831 = \mathbf{89726}, \quad (C)$$

$$IM = \left(\frac{1973}{2} \times 19\right) + 4839 = \mathbf{23586}, \quad (D)$$

$$IM = \left(\frac{1973}{2} \times 41\right) + 6506 = \mathbf{46961}, \quad \text{e} \quad (E)$$

$$IM = \left(\frac{1973}{2} \times 83\right) + 8857 = \mathbf{90753}. \quad (F)$$

Os resultados apontam para investimentos médios de inventário entre 23025 e 90753 unidades do item em estudo.

Os itens (A), (B) e (C) representam os inventários médios durante os respectivos intervalos mínimo, médio e máximo de tempo entre ordens de reposição para um nível de serviço de 96%.

Os itens (D), (E) e (F) representam os inventários médios durante os respectivos intervalos mínimo, médio e máximo de tempo entre ordens de reposição para um nível de serviço de 98%.

### 6.2.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desse estudo estão representados na Tabela 12. No seu topo (I) estão indicadas as condições estatísticas para as quais os resultados do estudo são válidos.

TABELA 12 - MATRIZ DE DECISÃO GERENCIAL

| Abordagem            | Ponto de Reposição |                               | Revisão Periódica |        |        |        |
|----------------------|--------------------|-------------------------------|-------------------|--------|--------|--------|
| Nível de Serviço     |                    | 96%                           | 98%               |        | 96%    | 98%    |
|                      | Método             | Intervalo entre ordens (dias) |                   |        |        |        |
| Estoque de Segurança | Variâncias         |                               |                   |        |        |        |
|                      | combinadas         | 12734                         | 14402             | mín=19 | 4278   | 4839   |
|                      | simplificado       | 3279                          | 3709              | med=41 | 5752   | 6506   |
|                      |                    |                               |                   | máx=83 | 7831   | 8857   |
| Ponto de Reposição   | Variâncias         |                               |                   |        |        |        |
|                      | combinadas         | 28959                         | 30628             |        |        |        |
|                      | simplificado       | 34847                         | 35277             |        |        |        |
| Inventário Médio     | Variâncias         |                               |                   |        |        |        |
|                      | combinadas         | 65569                         | 67238             | mín=19 | 23025  | 23586  |
|                      | simplificado       | 56114                         | 56544             | med=41 | 46207  | 46961  |
|                      |                    |                               |                   | máx=83 | 89726  | 90753  |
| Inventário Máximo    |                    |                               |                   |        |        |        |
|                      |                    |                               |                   | mín=19 | 57998  | 58559  |
|                      |                    |                               |                   | med=41 | 102887 | 103641 |
|                      |                    |                               |                   | máx=83 | 187848 | 188874 |

(I) ==> Resultado do Diagnóstico da Política do Inventário enquanto:  
 Média Tempo Ciclo de Produção = 8,2 dias e Coef.Var. = 36%  
 Média Taxa Diária de Demanda = 1973 unidades e Coef.Var. = 20%  
 Média Intervalo entre ordens reposição = 41 dias e Coef.Var.= 54%  
 Lote Econômico = 105670 unidades

Pode-se interpretar esta tabela como uma matriz de decisão gerencial, por permitir analisar os valores tecnicamente necessários de estoque de segurança, estoque médio e estoque máximo, do ponto de vista das abordagens de gerenciamento do inventário por **Ponto de Reposição** ou por **Revisão Periódica**. Pode-se, ainda, dentro de cada abordagem, analisar o investimento adicional para alterar o nível de serviço ao cliente de 96% para 98%. Para cada nível de serviço, é possível ainda analisar os valores dos inventários calculados pelo método das **variâncias combinadas** (equação 1) ou pelo **método simplificado** (equação 2), se a abordagem for a de Ponto de Reposição. Pode-se também analisar os incrementos de inventário, causados pela irregularidade do intervalo entre ordens de reposição, se a abordagem de gerenciamento for Revisão Periódica.

Observa-se que, para a abordagem de Ponto de Reposição e nível de serviço de 98%, o inventário médio cresce no máximo 2,5%. Esta é uma informação gerencial importante, que uma vez combinada com os custos de investimento e manutenção do inventário poderá viabilizar uma decisão a favor de um melhor nível de serviço, sem prejuízo para o negócio.

O modelo de variâncias combinadas para o cálculo do desvio-padrão da demanda durante o *lead-time* (equação 1), elevou em 3,8 vezes o estoque de segurança, se comparado com a forma simplificada sugerida pela equação (2). Mas, o inventário médio cresce no máximo 18%. Portanto, o modelo simplificado é uma alternativa de aplicação, quando não se dispõe dos dados de demanda e ciclo de produção e a empresa julgar necessário o monitoramento do item pela abordagem de Ponto de Reposição.

Observa-se que, na abordagem de Revisão Periódica, o coeficiente de variação obtido para o intervalo de

ordens de reposição é de 54%, sugerindo assim um nível de inventário médio mínimo de aproximadamente 23000 e máximo de 90000 unidades. Portanto, enquanto não se identificarem e corrigirem no processo as causas de tamanha dispersão, o melhor será optar, como estratégia, a abordagem de Ponto de Reposição para este item.

Neste caso, pode-se seguir estudando o papel estratégico da política de inventário para a empresa. Como discutido anteriormente, o inventário médio é resultado da equação (6),  $IM = \frac{LE}{2} + z \cdot s'_d$  e a parcela  $z \cdot s'_d$  corresponde ao estoque de segurança igual a 14402 unidades. Neste caso, o estoque de segurança representa 21% do investimento necessário em inventário médio. Portanto, conclui-se que é estrategicamente importante investir esforços para reduzir as variações do tempo de ciclo e as variações da demanda, que são as duas variáveis geradoras deste tipo de estoque na abordagem escolhida, ou seja, ponto de reposição.

Analisando o efeito dos desvios-padrão das duas variáveis, conclui-se que a primeira proporciona uma redução do estoque de segurança de 81%, equivalente a 11743 unidades (Tabela 13), enquanto que a segunda contribui com redução de apenas 1,7%, equivalente a 248 unidades (Tabela 14).

Nesta tarefa, o fluxo de valor do processo (Figura 7) pode auxiliar, porque ele fornece indicações de possíveis causas para o desvio-padrão do tempo de ciclo de produção, tais como: tempo de preparação de máquina, reprovações de produto e respeitabilidade do sistema FIFO.

TABELA 13 – ESTOQUE DE SEGURANÇA COM REDUÇÃO DO DESVIO-PADRÃO DO TEMPO DE CICLO

| Desvio-Padrão<br>(dias)                          | Estoque<br>de<br>Segurança |
|--|----------------------------|
| 3,1  | 14402                      |
| 2,5  | 11798                      |
| 2,1  | 10015                      |
| 1,6  | 7822                       |
| 1,2  | 6124                       |
| 0,8  | 4538                       |
| 0,4  | 3233                       |
| 0,0  | 2659                       |
| <b>Oportunidade de<br/>redução de inventário</b> | <b>11743</b>               |

TABELA 14 – ESTOQUE DE SEGURANÇA COM REDUÇÃO DO DESVIO-PADRÃO DA TAXA DIÁRIA DA DEMANDA

| Desvio-Padrão<br>(unidades)                      | Estoque<br>de<br>Segurança |
|--|----------------------------|
| 398  | 14402                      |
| 296  | 14293                      |
| 197  | 14215                      |
| 99   | 14170                      |
| 0  | 14154                      |
| <b>Oportunidade de<br/>redução de inventário</b> | <b>248</b>                 |

A parcela restante  $IM = \frac{LE}{2}$  da equação (6) corresponde a 79% do investimento em inventário médio e é função exclusiva do lote econômico adotado informado pela

empresa. Por isto, recomenda-se um estudo específico, uma vez que este elemento não está no escopo deste estudo.

É Objetivo também deste estudo avaliar os seus resultados teóricos versus a prática da empresa. Para isto, recorre-se aos fluxos de valor tratados no item 2.3 e representados nas Figuras 7 e 8. Também são utilizados os dados de inventário real obtidos no período de março a junho de 2002, representados na Tabela 5 do item 5.2.

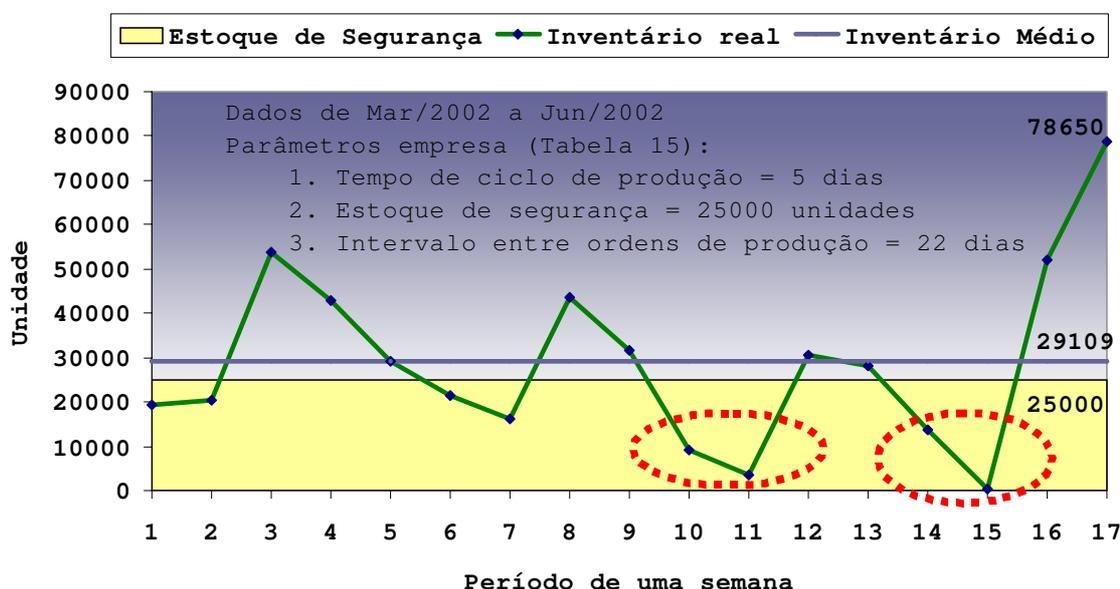


FIGURA 15 - INVENTÁRIO REAL

Por meio da Figura 15 analisa-se o comportamento do inventário real durante um período de 17 semanas. A sua média permanece em 29109 unidades, com o seu valor máximo igual a 78650 unidades. O estoque de segurança adotado pela empresa é de 25000 unidades.

Apesar desse estoque de segurança superar todos aqueles teoricamente calculados neste estudo, ainda assim constatou-se que faltou estoque para atender às

necessidades do cliente por 4 vezes neste período: entre as semanas 9 e 12 e entre as semanas 14 e 15.

Também foi constatado que, dos outros 24 itens de produto que compartilham da mesma célula de produção que o item em estudo, em média 3 deles não tinham estoque suficiente durante todas as 17 semanas. Este fato é uma forte suspeita de que a política atual de inventário não esteja apropriada para assegurar o atendimento mínimo de 96% aos clientes, desejado pela empresa.

Também fica a suspeita de que a célula de produção não parece adequadamente dimensionada para atender em tempo a todos os itens que são produzidos nela.

O fluxo de valor do processo de planejamento de produção informa que o intervalo adotado pela empresa entre ordens de produção é de 22 dias e o tempo de ciclo de produção é de 5 dias. Os valores médios encontrados no estudo foram 41 e 8,2, dias respectivamente.

Antes de concluir que estes dois fatores possam ter contribuído para a falta do estoque no período, podem ser levantados os dados reais de intervalos entre as ordens de produção, o tempo de ciclo de produção e taxa de demanda média no período das 17 semanas. Este levantamento é relevante para verificar se os dados originalmente estudados mudaram de tendência durante as últimas 17 semanas em que o inventário foi observado, e estão representados na Tabela 15.

Tabela 15 - Análise comparativa

|                            |                | Antes       | Depois      |
|----------------------------|----------------|-------------|-------------|
| Invervalo entre ordens     | <b>Dias</b>    | <b>41</b>   | <b>31</b>   |
| Coef. variação             |                | <b>54%</b>  | <b>21%</b>  |
| Tempo de ciclo de produção | <b>Dias</b>    | <b>8,2</b>  | <b>7</b>    |
| Coef. variação             |                | <b>36%</b>  | <b>30%</b>  |
| Taxa média diária Demanda  | <b>unidade</b> | <b>1973</b> | <b>2197</b> |
| Coef. variação             |                | <b>20%</b>  | <b>7%</b>   |

O resultado encontrado é que a média de intervalo entre ordens diminui de 41 para 31 dias e o coeficiente de variação reduziu de 54% para 21%. O tempo de ciclo que tinha uma média de 8,2 dias e um coeficiente de variação de 36%, agora fica reduzido para 7 dias e com o coeficiente de variação de 30%. Apesar destas variáveis agora se apresentarem mais estáveis e com médias menores, ainda assim continuam superiores às adotadas como parâmetros de planejamento de produção.

A taxa diária média da demanda no período é de 2197 unidades e o coeficiente de variação de 7%. É provável que a demanda tenha sido um dos fatores causais para a falta de estoque neste período, porque a sua média aumentou em 11% em relação à anterior, mas o coeficiente de variação diminui de 20% para 7%.

Diante da evidência da falta do estoque em um período em que todas as variáveis estudadas se comportaram mais favoráveis, e que a empresa adotou um estoque de segurança superior ao tecnicamente necessário, duas ações podem ser adotadas: uma de ordem prática e outra de ordem estratégica.

- De ordem prática- Se a estratégia da empresa é permanecer com a Revisão Periódica como abordagem de gerenciamento de inventário, então é necessário estabelecer o inventário máximo igual a 103641 unidades, o qual deve ser completado a cada ciclo de revisão de planejamento. Outra medida deve ser a de atualizar os parâmetros do sistema de planejamento conforme mostrado na Tabela 16.

TABELA 16 - PARÂMETROS DE PLANEJAMENTO

|                                    | De             | Para          |
|------------------------------------|----------------|---------------|
| Tempo de ciclo de produção         | 5 dias         | 8,2 dias      |
| Estoque de segurança               | 25000 unidades | 6506 unidades |
| Intervalo entre Ordens de Produção | 22 dias        | 41 dias       |

Desta forma, a célula poderá continuar produzindo 25 diferentes itens de produtos, o inventário médio manter-se-á em 46961 unidades, e o nível de serviço ao cliente comportar-se-á em 98%, ou seja, o cliente será atendido prontamente em noventa e oito vezes a cada cem vezes que precisar do produto.

- De ordem estratégica - Três ações podem ser conduzidas simultaneamente:

o Dedicar esforços para que um estudo mais completo seja realizado com o objetivo de melhor adequar a quantidade de itens de produto na célula de produção e com isto permitir revisões de planejamento e produção

mais freqüentes do item e conseqüentemente reduzir os seus inventários médio e máximo. Estes esforços estariam seguramente cuidando da "dimensão variedade", discutida no item 2.6, na qual a operação exige maior flexibilidade para atender melhor as exigências particulares dos clientes;

- o Dedicar esforços para a redução das variações da taxa diária da demanda e redução do tempo de ciclo de produção, uma vez que o estoque de segurança é função destas duas variáveis; e
- o Dedicar esforços para a redução do tempo de ciclo de produção propriamente dita.

## 7.0 CONCLUSÕES

A tarefa de estabelecer a política de inventário de um item é fundamentada no conhecimento das incertezas presentes nos processos logísticos e de produção. Os sistemas aplicativos de planejamento de produção, tais como MRP, MRPII e atualmente ERP's, não desempenham este papel.

A empresa mede o tempo de ciclo de produção e taxa diária de demanda e tempo de intervalo entre ordens de produção, mas não as usa de forma efetiva, sistemática e dinâmica para cálculo da política de inventário.

A redução de inventário somente será eficaz e sustentável se os seus gestores planejarem ações que efetivamente reduzam as variações e os valores das variáveis aqui estudadas.

O conhecimento dos processos logísticos e de produção é fator crítico para o sucesso de uma política de inventário. Os fluxos de materiais e informações facilitam a identificação de fatores causais e desperdícios de inventário, nem sempre explícitos para o seu gestor. Estes fatores contaminam os padrões da operação, geram índices de eficiências equivocados e que nem sempre são percebidos pela gerência.

A abordagem de gerenciamento de inventário do item estudado que a empresa adota não é clara pois:

- a demanda tem característica perpétua, própria dos itens gerenciados por Ponto de Reposição, no entanto, o estoque não é monitorado diariamente.
- o sistema de planejamento de produção utilizado pela empresa propõe reposição do estoque a cada sete dias, caracterizando a abordagem de Revisão Periódica. No entanto, as ordens de produção não se iniciam na mesma frequência.
- a quantidade da ordem de produção é calculada com vistas a um inventário máximo e dinâmico, equivalente a 22 dias de demanda futura, acrescido de 5 dias de *lead-time* de produção, deduzido o estoque disponível, caracterizando assim uma abordagem de Revisão Periódica.

Há forte evidência de que os outros 24 produtos que são produzidos no mesmo equipamento interferem no atendimento do item em questão e portanto devem ser igualmente estudados.

A melhoria de produtividade reduz o ciclo de produção, e conseqüentemente o inventário. Portanto, mesmo que a manufatura tenha como estratégia não melhorar a produtividade em razão do baixo custo de mão de obra, deverá sempre analisar a redução de custo proporcionada pela redução do inventário.

Os desvios de tempo de ciclo de produção respondem por 81% do estoque de segurança, enquanto os desvios da taxa de demanda respondem por apenas 1,7%. Para redução efetiva do inventário, esforços devem ser estrategicamente concentrados para eliminar os desvios do processo, e em seguida melhorá-lo.

A importância estratégica do inventário como vantagem competitiva para as empresas, associado ao alto investimento que ele representa, além do alto custo para sua manutenção é que justifica este estudo, aprofundando-se nos seus fundamentos e nos seus fatores causais.

## 8.0 SUGESTÕES

Recomenda-se desenvolver de um sistema de apoio às decisões estratégicas da manufatura, *DSS-Decision Support System*, com a característica de simular diferentes cenários de política de inventário, a partir das variáveis aqui estudadas.

Recomenda-se, um estudo específico da correlação entre tempo de ciclo de produção e rendimento. A produção quando monitorada em tempo real, pode beneficiar-se da informação do tempo de ciclo para antecipar-se e prever necessidades complementares de produção. Na medida que o tempo de ciclo se mostra acima de limites pré-estabelecidos, poderá ser um sintoma de reprovações excessivas no processo de produção.

Recomenda-se estudar a quantidade mínima de dados necessários para que este Modelo possa ser aplicado e ajustado conforme a dinâmica operacional das organizações.

Recomenda-se, um estudo de otimização da célula de produção, tomando-se por conta as políticas de inventário dos outros 24 produtos que são produzidos no mesmo equipamento.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

APICS EDUCATIONAL & RESEARCH FOUNDATION Inc. **APICS Dictionary**. 10.ed. University of Geórgia, Athens, USA, 2002.132p.

ARRUDA, M.C.C. Indicadores de Clima Ético nas Empresas. **RAE** – Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v.40, n.3, p.26-35, jul/set. 2000.

BALLOU, R. H. **Business Logistic Management**. 3.ed. New Jersey: Prentice-Hall Inc, 1992.688p.

BALLOU, R.H. In:**Logística Empresarial**. 1.ed. São Paulo: Editora Atlas S/A, 1993.392p.

CHRISTOPHER, M. In:**Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**. 1.ed. São Paulo: Livraria Pioneira Editora, 1997.240p.

CONTADOR, J.C et al. **Gestão de Operações**. São Paulo: Editora Atlas S/A, 1997.593.

GARCIA, E.S; LACERDA, L. S; BENÍCIO, R. A. Gerenciando incertezas no planejamento logístico: o papel do estoque de segurança. **Revista Tecnológica**, São Paulo, v.6, n.63, p.36-42, fev.2001.

GARVIN, D. A. Why Some Factories Are More Productive Than Others. In: **Operations Strategy**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall Inc., 1992, cap.18, p.232-241.

JUNIOR, J. L. **O Conceito da Produção Enxuta Aplicado a uma Indústria de Manufatura Não Seriada**.2002.126f.Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas)-UNITAU.

LEVINE,D.M; BERENSON,M.L; STEPHAN,D. In: **Estatística: Teoria e Aplicações**. Rio de Janeiro: LTC-Livros Técnicos e Científicos S.A.,2000.811p.

LAUDON,K.C; LAUDON,J.C. In: **Sistemas de Informação**. Rio de Janeiro: LTC-Livros Técnicos e Científicos S.A., 1999.389p.

PORTER,M.E. In: **Vantagem Competitiva**. Rio de Janeiro: Editora Campus Ltda., 1990.512p.

ROBBINS,S. P. In: **Comportamento Organizacional**. Rio de Janeiro: LTC Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1998.489p.

ROTHER,M. SHOOK,J. Aprendendo a Enxergar. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999.99p.

SANVICENTE,A.Z. In: **Administração Financeira**.São Paulo: Editora Atlas S/A, 1995.288p.

SANTOS, F. C. A; SILVIO, R. I.; GONÇALVES, M. A. Prioridades Competitivas na Administração Estratégica da Manufatura: estudos de casos. **RAE** - Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v.39, n.4, p.78-84, out.1999.

SLACK, N; CHAMBERS,S; HARLAND,C; HARRISON, A; JOHNSTON, R;  
In: **Administração da Produção**. São Paulo: Editora Atlas  
S/A, 1997.726p.

VERGARA, S.C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em  
Administração**. 3.ed. São Paulo: Editora Atlas S/A,  
2000.92p.

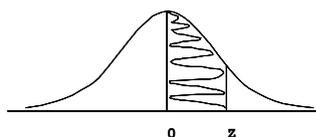
## APÊNDICE A - ANÁLISE ABC DE PRODUTO 1995 - 1998

| 1995   |              |               |        |               | 1996   |              |               |        |                |
|--------|--------------|---------------|--------|---------------|--------|--------------|---------------|--------|----------------|
| Código | ABC<br>itens | ABC<br>volume | Classe | Volume        | Código | ABC<br>itens | ABC<br>volume | Classe | Volume         |
| AJ2226 | 6%           | 22%           | A      | 143501        | AJ2226 | 6%           | 19%           | A      | 144545         |
| AJ2425 | 12%          | 13%           | A      | 87194         | AJ2425 | 12%          | 14%           | A      | 104313         |
| AJ2427 | 18%          | 10%           | A      | 65041         | AJ2427 | 18%          | 10%           | A      | 78748          |
| AJ2216 | 24%          | 8%            | A      | 54792         | AJ2216 | 24%          | 10%           | A      | 73564          |
| AJ1812 | 29%          | 7%            | A      | 47137         | AJ1812 | 29%          | 9%            | B      | 67182          |
| AJ2430 | 35%          | 7%            | B      | 46076         | AJ2430 | 35%          | 8%            | B      | 58139          |
| AJ1816 | 41%          | 6%            | B      | 36682         | AJ1816 | 41%          | 4%            | B      | 31852          |
| AJ2423 | 47%          | 4%            | B      | 29241         | AJ2423 | 47%          | 4%            | B      | 28467          |
| AJ1823 | 53%          | 4%            | B      | 27212         | AJ1823 | 53%          | 4%            | B      | 28116          |
| AJ2222 | 59%          | 4%            | B      | 26559         | AJ2222 | 59%          | 4%            | B      | 26937          |
| AJ1825 | 65%          | 3%            | B      | 22118         | AJ1825 | 65%          | 3%            | B      | 25200          |
| AJ1813 | 71%          | 3%            | C      | 20473         | AJ1813 | 71%          | 3%            | C      | 23383          |
| AJ2426 | 76%          | 3%            | C      | 17075         | AJ2426 | 76%          | 3%            | C      | 20515          |
| AJ1411 | 82%          | 2%            | C      | 14653         | AJ1411 | 82%          | 3%            | C      | 19854          |
| AJ1811 | 88%          | 2%            | C      | 11223         | AJ1811 | 88%          | 3%            | C      | 19303          |
| AJ2432 | 94%          | 1%            | C      | 8699          | AJ2432 | 94%          | 1%            | C      | 8652           |
| AJ2225 | 100%         | 0%            | C      | 768           | AJ2225 | 100%         | 0%            | C      | 240            |
|        |              |               |        | <b>658444</b> |        |              |               |        | <b>759009</b>  |
| 1997   |              |               |        |               | 1998   |              |               |        |                |
| Código | ABC<br>itens | ABC<br>volume | Classe | Volume        | Código | ABC<br>itens | ABC<br>volume | Classe | Volume         |
| AJ2226 | 6%           | 20%           | A      | 196554        | AJ2226 | 6%           | 20%           | A      | 443412         |
| AJ2425 | 12%          | 13%           | A      | 125128        | AJ2425 | 12%          | 15%           | A      | 342048         |
| AJ2427 | 18%          | 10%           | A      | 98539         | AJ2427 | 18%          | 8%            | A      | 175372         |
| AJ2216 | 24%          | 9%            | A      | 86644         | AJ2216 | 24%          | 8%            | A      | 166800         |
| AJ1812 | 29%          | 8%            | A      | 75784         | AJ1812 | 29%          | 8%            | A      | 166223         |
| AJ2430 | 35%          | 7%            | B      | 64737         | AJ2430 | 35%          | 7%            | B      | 154656         |
| AJ1816 | 41%          | 6%            | B      | 62373         | AJ1816 | 41%          | 7%            | B      | 153072         |
| AJ2423 | 47%          | 4%            | B      | 39476         | AJ2423 | 47%          | 4%            | B      | 96640          |
| AJ1823 | 53%          | 4%            | B      | 35521         | AJ1823 | 53%          | 4%            | B      | 88658          |
| AJ2222 | 59%          | 4%            | B      | 34954         | AJ2222 | 59%          | 4%            | B      | 79404          |
| AJ1825 | 65%          | 3%            | B      | 30123         | AJ1825 | 65%          | 3%            | B      | 72062          |
| AJ1813 | 71%          | 3%            | B      | 30114         | AJ1813 | 71%          | 3%            | B      | 60532          |
| AJ2426 | 76%          | 3%            | C      | 25156         | AJ2426 | 76%          | 2%            | C      | 55326          |
| AJ1411 | 82%          | 2%            | C      | 23922         | AJ1411 | 82%          | 2%            | C      | 44532          |
| AJ1811 | 88%          | 2%            | C      | 22736         | AJ1811 | 88%          | 2%            | C      | 41844          |
| AJ2432 | 94%          | 2%            | C      | 18395         | AJ2432 | 94%          | 2%            | C      | 41028          |
| AJ2225 | 100%         | 1%            | C      | 7764          | AJ2225 | 100%         | 2%            | C      | 34464          |
|        |              |               |        | <b>977921</b> |        |              |               |        | <b>2216073</b> |

**APÊNDICE B - ANÁLISE ABC DE PRODUTO 1999 - 2001**

| 1999          |           |            |      |        |                | 2000          |           |            |      |        |                |
|---------------|-----------|------------|------|--------|----------------|---------------|-----------|------------|------|--------|----------------|
| Código        | ABC itens | ABC volume |      | Classe | Volume         | Código        | ABC itens | ABC volume |      | Classe | Volume         |
| <b>AJ2226</b> | 6%        | 22%        | 22%  | A      | 498374         | <b>AJ2226</b> | 6%        | 20%        | 20%  | A      | 516305         |
| AJ2425        | 12%       | 14%        | 35%  | A      | 320400         | AJ2425        | 12%       | 14%        | 34%  | A      | 382020         |
| AJ2427        | 18%       | 9%         | 44%  | A      | 204957         | AJ2427        | 18%       | 12%        | 46%  | A      | 319839         |
| AJ2216        | 24%       | 8%         | 52%  | A      | 178805         | AJ2216        | 24%       | 8%         | 54%  | A      | 205248         |
| AJ1812        | 29%       | 7%         | 59%  | A      | 167396         | AJ1812        | 29%       | 7%         | 61%  | A      | 187427         |
| AJ2430        | 35%       | 7%         | 66%  | B      | 164842         | AJ2430        | 35%       | 7%         | 68%  | B      | 179098         |
| AJ1816        | 41%       | 6%         | 73%  | B      | 150364         | AJ1816        | 41%       | 7%         | 74%  | B      | 177912         |
| AJ2423        | 47%       | 4%         | 77%  | B      | 93630          | AJ2423        | 47%       | 4%         | 78%  | B      | 100728         |
| AJ1823        | 53%       | 4%         | 81%  | B      | 93481          | AJ1823        | 53%       | 3%         | 81%  | B      | 83856          |
| AJ2222        | 59%       | 3%         | 84%  | B      | 74705          | AJ2222        | 59%       | 3%         | 84%  | B      | 79110          |
| AJ1825        | 65%       | 3%         | 87%  | B      | 71128          | AJ1825        | 65%       | 3%         | 87%  | B      | 78708          |
| AJ1813        | 71%       | 3%         | 90%  | B      | 59916          | AJ1813        | 71%       | 3%         | 90%  | B      | 72757          |
| AJ2426        | 76%       | 2%         | 92%  | C      | 56055          | AJ2426        | 76%       | 2%         | 93%  | C      | 61602          |
| AJ1411        | 82%       | 2%         | 95%  | C      | 53998          | AJ1411        | 82%       | 2%         | 95%  | C      | 55682          |
| AJ1811        | 88%       | 2%         | 97%  | C      | 50616          | AJ1811        | 88%       | 2%         | 97%  | C      | 53772          |
| AJ2432        | 94%       | 2%         | 98%  | C      | 40034          | AJ2432        | 94%       | 2%         | 99%  | C      | 52868          |
| AJ2225        | 100%      | 2%         | 100% | C      | 35820          | AJ2225        | 100%      | 1%         | 100% | C      | 35508          |
|               |           |            |      |        | <b>2314521</b> |               |           |            |      |        | <b>2642440</b> |
| 2001          |           |            |      |        |                |               |           |            |      |        |                |
| Código        | ABC itens | ABC volume |      | Classe | Volume         |               |           |            |      |        |                |
| <b>AJ2226</b> | 6%        | 21%        | 21%  | A      | 518796         |               |           |            |      |        |                |
| AJ2425        | 12%       | 15%        | 36%  | A      | 368076         |               |           |            |      |        |                |
| AJ2427        | 18%       | 10%        | 46%  | A      | 239610         |               |           |            |      |        |                |
| AJ2216        | 24%       | 8%         | 54%  | A      | 193764         |               |           |            |      |        |                |
| AJ1812        | 29%       | 7%         | 61%  | A      | 181116         |               |           |            |      |        |                |
| AJ2430        | 35%       | 7%         | 68%  | B      | 180156         |               |           |            |      |        |                |
| AJ1816        | 41%       | 7%         | 75%  | B      | 175404         |               |           |            |      |        |                |
| AJ2423        | 47%       | 3%         | 79%  | B      | 81168          |               |           |            |      |        |                |
| AJ1823        | 53%       | 3%         | 82%  | B      | 74826          |               |           |            |      |        |                |
| AJ2222        | 59%       | 3%         | 85%  | B      | 69444          |               |           |            |      |        |                |
| AJ1825        | 65%       | 3%         | 87%  | B      | 67704          |               |           |            |      |        |                |
| AJ1813        | 71%       | 3%         | 90%  | B      | 64860          |               |           |            |      |        |                |
| AJ2426        | 76%       | 2%         | 92%  | C      | 59748          |               |           |            |      |        |                |
| AJ1411        | 82%       | 2%         | 95%  | C      | 56604          |               |           |            |      |        |                |
| AJ1811        | 88%       | 2%         | 97%  | C      | 53994          |               |           |            |      |        |                |
| AJ2432        | 94%       | 2%         | 99%  | C      | 47124          |               |           |            |      |        |                |
| AJ2225        | 100%      | 1%         | 100% | C      | 28380          |               |           |            |      |        |                |
|               |           |            |      |        | <b>2460774</b> |               |           |            |      |        |                |

### APÊNDICE C - DISTRIBUIÇÃO NORMAL PADRONIZADA



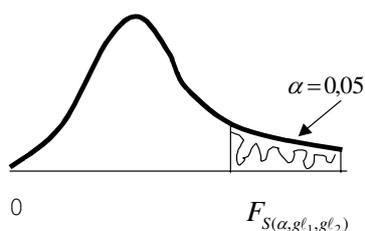
Os dados representam a área sob a distribuição normal padronizada, desde a média aritmética até Z

| Z   | 0,00    | 0,01    | 0,02    | 0,03    | 0,04    | 0,05    | 0,06    | 0,07    | 0,08    | 0,09    |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0,0 | 0,0000  | 0,0040  | 0,0080  | 0,0120  | 0,0160  | 0,0199  | 0,0239  | 0,0279  | 0,0319  | 0,0359  |
| 0,1 | 0,0398  | 0,0438  | 0,0478  | 0,0517  | 0,0557  | 0,0596  | 0,0636  | 0,0675  | 0,0714  | 0,0753  |
| 0,2 | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     |
| ... | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     |
| 1,0 | 0,3413  | 0,3438  | 0,3461  | 0,3485  | 0,3508  | 0,3531  | 0,3554  | 0,3577  | 0,3599  | 0,3621  |
| 1,1 | 0,3643  | 0,3665  | 0,3686  | 0,3708  | 0,3729  | 0,3749  | 0,3770  | 0,3790  | 0,3810  | 0,3830  |
| 1,2 | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     |
| ... | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     |
| 2,0 | 0,4772  | 0,4778  | 0,4783  | 0,4788  | 0,4793  | 0,4798  | 0,4803  | 0,4808  | 0,4812  | 0,4817  |
| 2,1 | 0,4821  | 0,4826  | 0,4830  | 0,4834  | 0,4838  | 0,4842  | 0,4846  | 0,4850  | 0,4854  | 0,4857  |
| 2,2 | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     |
| 2,3 | 0,4893  | 0,4896  | 0,4898  | 0,4901  | 0,4904  | 0,4906  | 0,4909  | 0,4911  | 0,4913  | 0,4916  |
| 2,4 | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     |
| ... | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     |
| 3,0 | 0,49865 | 0,49869 | 0,49874 | 0,49878 | 0,49882 | 0,49886 | 0,49889 | 0,49893 | 0,49897 | 0,49900 |
| 3,1 | 0,49903 | 0,49906 | 0,49910 | 0,49913 | 0,49916 | 0,49918 | 0,49921 | 0,49924 | 0,49926 | 0,49929 |
| 3,2 | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     |
| ... | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     | ...     |
| 3,9 | 0,49995 | 0,49995 | 0,49996 | 0,49996 | 0,49996 | 0,49996 | 0,49996 | 0,49996 | 0,49997 | 0,49997 |

Fonte: Adaptado com modificações de LEVINE

D.M;BERENSON M.L; STEPHAN D. Estatística: Teoria e Aplicações. LTC-Livros Técnicos e Científicos S.A. Rio de Janeiro, 2000. Apêndice E, TAB E.2, p.737.

### APÊNDICE D - VALORES CRÍTICOS DE F

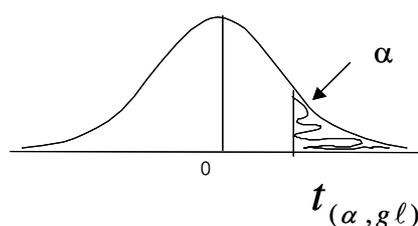


Para uma determinada combinação entre os graus de liberdade do numerador e do denominador, os dados representam os valores críticos de F correspondentes a uma determinada área da cauda superior ( $\alpha$ ).

|                   |        | Numerador $g^l_1$ |     |        |             |        |     |          |  |
|-------------------|--------|-------------------|-----|--------|-------------|--------|-----|----------|--|
| Numerador $g^l_2$ | 1      | 2                 | ... | 20     | 24          | 30     | ... | $\infty$ |  |
| 1                 | 161,40 | 199,50            | ... | 248,00 | 249,10      | 250,10 | ... | 254,30   |  |
| 2                 | 18,51  | 19,00             | ... | 19,45  | 19,45       | 19,46  | ... | 19,50    |  |
| 3                 | 10,13  | 9,55              | ... | 8,64   | 8,64        | 8,62   | ... | 8,53     |  |
| ...               | ...    | ...               | ... | ...    | ...         | ...    | ... | ...      |  |
| 20                | 4,35   | 3,49              | ... | 2,12   | 2,08        | 2,04   | ... | 1,84     |  |
| 21                | 4,32   | 3,47              | ... | 2,10   | 2,05        | 2,01   | ... | 1,81     |  |
| 22                | 4,30   | 3,44              | ... | 2,07   | 2,03        | 1,98   | ... | 1,78     |  |
| 23                | 4,28   | 3,42              | ... | 2,05   | 2,01        | 1,96   | ... | 1,76     |  |
| 24                | 4,26   | 3,40              | ... | 2,03   | 1,98        | 1,94   | ... | 1,73     |  |
| 25                | 4,24   | 3,39              | ... | 2,01   | <b>1,96</b> | 1,92   | ... | 1,71     |  |
| ...               | ...    | ...               | ... | ...    | ...         | ...    | ... | ...      |  |
| $\infty$          | 3,84   | 3,00              | ... | 1,57   | 1,52        | 1,46   | ... | 1,00     |  |

Fonte: Adaptado com modificações de LEVINE D.M; BERENSON M.L; STEPHAN D. Estatística: Teoria e Aplicações. LTC- Livros Técnicos e Científicos S.A. Rio de Janeiro, 2000. Apêndice E, TAB E.5, p.741.

### APÊNDICE E - VALORES CRÍTICOS DE t



Para um determinado número de graus de liberdade, o dado representa o valor crítico de t correspondente a uma determinada área da cauda superior ( $\alpha$ ).

Área de cauda superior ( $\alpha$ )

| Graus de liberdade | 0,25   | 0,10   | 0,05   | 0,025   | 0,01    | 0,005   |
|--------------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| 1                  | 1,0000 | 3,0777 | 6,3138 | 12,7062 | 31,8207 | 63,6574 |
| 2                  | 0,8165 | 1,8856 | 2,9200 | 4,3027  | 6,9646  | 9,9248  |
| 3                  | 0,7649 | 1,6377 | 2,3534 | 3,1824  | 4,5407  | 5,8409  |
| ...                | ...    | ...    | ...    | ...     | ...     | ...     |
| 28                 | 0,6834 | 1,3125 | 1,7011 | 2,0484  | 2,4671  | 2,7633  |
| 29                 | 0,6830 | 1,3114 | 1,6991 | 2,0452  | 2,4620  | 2,7564  |
| 30                 | 0,6828 | 1,3104 | 1,6973 | 2,0423  | 2,4573  | 2,7500  |
| ...                | ...    | ...    | ...    | ...     | ...     | ...     |
| 100                | 0,6770 | 1,2893 | 1,6588 | 1,9818  | 2,3642  | 2,6213  |
| 110                | 0,6767 | 1,2886 | 1,6577 | 1,9799  | 2,3607  | 2,6174  |
| ...                | ...    | ...    | ...    | ...     | ...     | ...     |
| $\infty$           | 0,6745 | 1,2816 | 1,6449 | 1,9600  | 2,3263  | 2,5758  |

Fonte: Adaptado com modificações de LEVINE D.M; BERENSON M.L; STEPHAN D. Estatística: Teoria e Aplicações. LTC- Livros Técnicos e Científicos S.A. Rio de Janeiro, 2000. Apêndice E, TAB E.3, p.738;739.

**APÊNDICE F - DADOS DE TEMPO DE CICLO E RENDIMENTO**

| CONTAGEM     | MÊS    | DIAS       | RENDIMENTO | QUANTIDADE     | QUANTIDADE     | NÚMERO DE  | DIAS MEDIOS DE    | LOTE        |
|--------------|--------|------------|------------|----------------|----------------|------------|-------------------|-------------|
|              |        | ÚTEIS      |            | PLANEJADA      | PRODUZIDA      | LOTES      | CILCO DE PRODUÇÃO |             |
| 1            | jan/00 | 17         | 81%        | 54840          | 44460          | 1          | 34                | 54840       |
| 2            | fev/00 | 22         | 77%        | 27570          | 21190          | 1          | 19                | 27570       |
| 3            | mar/00 | 23         | 88%        | 92410          | 81180          | 2          | 19                | 46205       |
| 4            | abr/00 | 21         | 83%        | 11600          | 9570           | 5          | 7                 | 2320        |
| 5            | mai/00 | 23         | 87%        | 85000          | 74240          | 34         | 7                 | 2500        |
| 6            | jun/00 | 23         | 87%        | 57400          | 50200          | 23         | 5                 | 2496        |
| 7            | jul/00 | 22         | 82%        | 51760          | 42520          | 20         | 7                 | 2588        |
| 8            | out/00 | 22         | 92%        | 125720         | 115250         | 47         | 7                 | 2675        |
| 9            | dez/00 | 20         | 91%        | 119800         | 109210         | 41         | 7                 | 2922        |
| 10           | jan/01 | 23         | 92%        | 71130          | 65540          | 25         | 27                | 2845        |
| 11           | fev/01 | 19         | 75%        | 2760           | 2070           | 1          | 47                | 2760        |
| 12           | mar/01 | 23         | 89%        | 59920          | 53500          | 20         | 12                | 2996        |
| 13           | abr/01 | 20         | 88%        | 35900          | 31480          | 12         | 8                 | 2992        |
| 14           | mai/01 | 23         | 92%        | 97345          | 89900          | 33         | 8                 | 2950        |
| 15           | jun/01 | 21         | 87%        | 8780           | 7660           | 3          | 13                | 2927        |
| 16           | jul/01 | 21         | 88%        | 37850          | 33120          | 13         | 5                 | 2912        |
| 17           | ago/01 | 24         | 91%        | 75390          | 68380          | 24         | 9                 | 3141        |
| 18           | set/01 | 20         | 91%        | 82040          | 74950          | 30         | 8                 | 2735        |
| 19           | out/01 | 23         | 90%        | 70170          | 63460          | 28         | 6                 | 2506        |
| 20           | nov/01 | 21         | 91%        | 42700          | 38680          | 16         | 6                 | 2669        |
| 21           | jan/02 | 22         | 92%        | 84770          | 78290          | 32         | 5                 | 2649        |
| 22           | fev/02 | 20         | 89%        | 31940          | 28380          | 14         | 12                | 2281        |
| <b>TOTAL</b> |        | <b>473</b> | <b>89%</b> | <b>1326795</b> | <b>1183230</b> | <b>425</b> | <b>13</b>         | <b>3122</b> |

**APÊNDICE G - DADOS DE DEMANDA**

| MÊS    | DIAS ÚTEIS | DEMANDA REAL | DEMANDA PREVISTA | TAXA DIÁRIA DEMANDA REAL | TAXA DIÁRIA DEMANDA PREVISTA |
|--------|------------|--------------|------------------|--------------------------|------------------------------|
| jan/00 | 17         | 32628        | 32786            | 1919                     | 1929                         |
| fev/00 | 22         | 35058        | 42429            | 1594                     | 1929                         |
| mar/00 | 23         | 46973        | 44357            | 2042                     | 1929                         |
| abr/00 | 21         | 42696        | 40500            | 2033                     | 1929                         |
| mai/00 | 23         | 38640        | 44357            | 1680                     | 1929                         |
| jun/00 | 23         | 52188        | 44357            | 2269                     | 1929                         |
| jul/00 | 22         | 37596        | 42429            | 1709                     | 1929                         |
| ago/00 | 24         | 43584        | 46286            | 1816                     | 1929                         |
| set/00 | 22         | 50940        | 42429            | 2315                     | 1929                         |
| out/00 | 22         | 45258        | 42429            | 2057                     | 1929                         |
| nov/00 | 21         | 33756        | 40500            | 1607                     | 1929                         |
| dez/00 | 20         | 56988        | 38572            | 2849                     | 1929                         |
| jan/01 | 23         | 36048        | 47340            | 1567                     | 2058                         |
| fev/01 | 19         | 31908        | 39107            | 1679                     | 2058                         |
| mar/01 | 23         | 46008        | 47340            | 2000                     | 2058                         |
| abr/01 | 20         | 43812        | 41165            | 2191                     | 2058                         |
| mai/01 | 23         | 45300        | 47340            | 1970                     | 2058                         |
| jun/01 | 21         | 48924        | 43223            | 2330                     | 2058                         |
| jul/01 | 21         | 41460        | 43223            | 1974                     | 2058                         |
| ago/01 | 24         | 43680        | 49398            | 1820                     | 2058                         |
| set/01 | 20         | 51624        | 41165            | 2581                     | 2058                         |
| out/01 | 23         | 39516        | 47340            | 1718                     | 2058                         |
| nov/01 | 21         | 42312        | 43223            | 2015                     | 2058                         |
| dez/01 | 17         | 48204        | 34990            | 2836                     | 2058                         |
| jan/02 | 22         | 24100        | 50582            | 1095                     | 2299                         |
| fev/02 | 20         | 32800        | 45984            | 1640                     | 2299                         |

## APÊNDICE H - GLOSSÁRIO

**Aggregate Plan:** É o plano de negócio de uma empresa, em que as informações de inventário e produção são agregadas em famílias de produto , ao invés de itens. (APICS Dictionary, 2002. p.4)

**DSS - Decision Support System:** Laudon (1999. p354) define que Sistema de Suporte à Decisão é aquele que por característica fornece dados e modelos para tomadas de decisões, utiliza ferramentas sofisticadas de análise e modelagem e fornece respostas interativas para questões não-rotineiras.

**Enterprise Resources Planning System (ERP-System):** APICS Dictionary, (2002. p.39) define como um sistema de informações orientado para finanças, destinado a identificar e planejar os recursos de uma organização, necessários para produzir, despachar e cuidar dos pedidos dos clientes. Este sistema difere dos tradicionais sistemas de MRP II por oferecer interfaces gráficas e ferramentas de engenharia de software avançadas.

**Estoque:** APICS Dictionary (2002, p113) define como sendo itens do inventário que se encontram armazenados para vendas, e que podem ser identificados usualmente como componentes ou matérias-primas.

**FIFO:** Acronismo da expressão em inglês *first in e first out*, ou seja, primeiro a entrar, primeiro a sair. É o nome dado ao sistema de controle de movimentação de materiais, o qual assegura que o fluxo é mantido numa seqüência tal que o primeiro item a chegar em um posto de trabalho, será o primeiro a ser transferido para o posto seguinte. (APICS Dictionary, 2002. p 43)

**Inventário:** Aqueles estoques ou itens usados para suportar produção (matéria-prima e itens em processo), suportar atividades gerais (manutenção, reparos e suprimento de operações) e suportar serviço aos clientes (produto acabado, partes e peças) (APICS Dictionary, 2002. p 57).

**Just-in-Time:** (SLACK, 1997.cap 15.p 474), define:

"JIT visa atender à demanda instantaneamente com qualidade perfeita e sem desperdícios - significa produzir bens e serviços exatamente no momento em que são necessários."

**Lead-Time:** Termo muito comum utilizado nas empresas que significa o tempo de uma operação ou processo. Neste estudo o *lead-time* refere-se ao tempo de ciclo de produção.

**Lean Manufacturing:** É uma filosofia de trabalho em manufatura, onde o produto flui naturalmente dentro do processo, por meio de uso otimizado dos recursos. Os inventários são ajustados apenas à necessidade de cada operação. Conforme (APICS, Dictionary 2002. p 61), *Lean Manufacturing* é sinônimo de *Lean Production*, em que envolve a identificação e eliminação de atividades que não agregam valor no desenho, produção, cadeia de suprimento e tão pouco na negociação com os clientes.

**MRP:** Sigla em inglês de *Materials Requirement Plan* - Plano de Necessidade de Materiais. Conforme (APICS Dictionary, 2002. p 70) é um conjunto de técnicas para planejar a necessidade de materiais usando como base a estrutura de itens ou formulação do produto, o plano mestre de produção e dados de inventário.

**MRPII:** Sigla em inglês de *Manufacturing Resource Planning* - Plano de Recursos de Manufatura. Conforme (APICS Dictionary, 2002. p 68) é um método de planejamento efetivo de todos os recursos uma empresa de manufatura.

**Parcela funcional do Inventário:** é a porção do inventário necessária para uma finalidade específica. Exemplos: estoque de segurança para compensar as variações de vendas e do ciclo de produção; estoque de segurança para compensar variações nos prazos de fornecimento de matéria-prima ; estoque para compensar tempo de transporte; etc.

**Política de Inventário:** (APICS Dictionary, 2002. p58) define como sendo a afirmação da meta da companhia e a abordagem de gerenciamento do inventário. Pode-se entender como o montante do inventário aprovado pela gerência para a operação da empresa. A Política de Inventário serve de parâmetro para o planejamento operacional da empresa.