

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**Centro Tecnológico**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

***SIMULAÇÃO DE SISTEMAS DE MANUFATURA APLICADA A  
UM AMBIENTE “LEAN MANUFACTURING”***

Dissertação Submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para a  
Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica

**Priscila Penélope de Pereira e Souza**

Florianópolis, Novembro de 1999

***SIMULAÇÃO DE SISTEMAS DE MANUFATURA APLICADA A  
UM AMBIENTE “LEAN MANUFACTURING”***

**Priscila Penélope de Pereira e Souza**

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA APTA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE  
MESTRE EM ENGENHARIA

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



Prof. Abelardo Alves de Queiroz, Ph.D.

ORIENTADOR



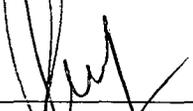
Prof. Júlio César Passos, Dr.

COORDENADOR DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

**Banca Examinadora:**



Prof. Carlos Henrique Ahrens, Dr. Eng. Mec.



Prof. José Eduardo Ribeiro Cury, Dr.



Prof. Paulo José de Freitas Filho, Dr.

A meus pais, Rogério e Cidinha

## Agradecimentos

A CAPES pelo apoio financeiro;

A Universidade Federal de Santa Catarina;

A meu orientador Prof. Abelardo, pela paciência, pelo apoio e incentivo, e pelas contribuições no trabalho;

Aos professores da banca avaliadora do trabalho, pelas contribuições que enriqueceram o trabalho;

Ao gerente e funcionários da empresa analisada, pela oportunidade de realização do trabalho e pela colaboração na coleta das informações;

Aos amigos e colegas Daisy, Sato e Antônio, pelas contribuições no trabalho, pelas conversas, pelas risadas e pela força que me deram no dia-a-dia no laboratório;

A meus pais, Rogério e Cidinha, meu irmão Gustavo e minha irmã Xana, pela paciência, compreensão e amor incondicionais;

A Norberto e Janete Moro, pelo apoio e incentivo para a realização deste trabalho;

A Dani loira, Dani morena, Nicole, Welch e Zeca, amigas sempre prontas a escutar sobre alegrias e tristezas, companheiras de todas as horas;

Aos amigos Luis Paulo, Fred e Mara, Marcelo Stevan, Ricardo Fialkowski, pela oportunidade de conhecê-los;

Ao amigo Carlos, pelos livros, pelo apoio, pela ajuda e pelo interesse no trabalho;

A Cristiane e Adrián, que apesar de pouco tempo, também contribuíram para a conclusão deste trabalho;

A Herman Lepikson, pela inspiração inicial e pelo incentivo durante esse tempo;

A Silene Seibel, pelo “empurrãozinho” final e pela confiança;

Especialmente, a Deus, por estar sempre presente, por ser a Luz e ter me dado forças para superar todas as dificuldades.

**Muito Obrigada!!!!**

## Sumário

|  |      |
|--|------|
| LISTA DE FIGURAS .....   | vii  |
| LISTA DE TABELAS .....   | x    |
| LISTA DE SIGLAS .....  | xi   |
| RESUMO .....   | xii  |
| ABSTRACT .....   | xiii |
| <b>1. Introdução</b>   |      |
| 1.1. Foco do Trabalho: A Manufatura Enxuta .....                       | 1    |
| 1.2. Justificativa da Simulação .....                                  | 2    |
| 1.3. Objetivos do Trabalho .....                                       | 2    |
| 1.4. Metodologia Utilizada .....                                       | 3    |
| 1.5. Estrutura da Dissertação .....                                    | 3    |
| <b>2. Sistemas de Manufatura</b>                                       |      |
| 2.1. Introdução .....  | 4    |
| 2.2. Conceitos Básicos .....   | 4    |
| 2.3. Evolução da Manufatura .....                                      | 5    |
| 2.4. Administração Estratégica da Manufatura .....                     | 7    |
| 2.5. Organização da Manufatura .....                                   | 12   |
| 2.6. Manufatura Enxuta .....   | 15   |
| 2.7. A Manufatura Enxuta e a Eliminação de Desperdícios .....          | 16   |
| <b>3. Simulação de Sistemas</b>  |      |
| 3.1. Introdução .....  | 31   |
| 3.2. Definições .....  | 31   |
| 3.3. Modelos de Simulação .....  | 35   |
| 3.4. Simulação .....   | 36   |
| 3.5. Etapas do Processo de Simulação de um Sistema de Manufatura ..... | 38   |
| 3.6. Vantagens e Desvantagens da Simulação .....                       | 45   |
| 3.7. Aplicações da Simulação .....                                     | 46   |
| 3.8. Animação nos Modelos de Simulação .....                           | 47   |
| 3.9. Linguagens de Programação .....                                   | 48   |

|  |     |
|--|-----|
| 4. Sistema de Manufatura Estudado                                  |     |
| 4.1. Introdução .....  | 52  |
| 4.2. Contextualização da Empresa .....                             | 52  |
| 4.3. Estrutura em Mini-Fábricas .....                              | 53  |
| 4.4. A Mini-Fábrica 3 .....  | 54  |
| 4.5. A Empresa no Caminho da Manufatura Enxuta .....               | 62  |
| 5. Modelagem e Simulação da Mini-Fábrica 3                         |     |
| 5.1. Introdução .....  | 64  |
| 5.2. Definição dos Objetivos .....                                 | 64  |
| 5.3. Construção de um Modelo Conceitual .....                      | 65  |
| 5.4. Coleta de Dados .....   | 71  |
| 5.5. Codificação .....   | 79  |
| 5.6. Verificação do Modelo .....                                   | 86  |
| 5.7. Validação do Modelo .....                                     | 87  |
| 5.8. Projeto e Execução dos Experimentos .....                     | 91  |
| 6. Considerações Finais  |     |
| 6.1. Conclusões .....  | 101 |
| 6.2. Recomendações para Trabalhos Futuros .....                    | 102 |
| 7. Referências Bibliográficas .....                                | 104 |
| ANEXO I – Relatório da Simulação – Modelos da Mini-Fábrica 3 ..... | 108 |

## Lista de Figuras

### Capítulo 2

Figura 2.1 – A Produção como um Sistema Entrada-Saída

Figura 2.2 – O Sistema de Manufatura e as Atividades Relacionadas

Figura 2.3 – Critérios de Desempenho - Relações

Figura 2.4 – O Efeito dos Estoques na Produção

Figura 2.5 – O Sistema Toyota de Produção

Figura 2.6 – O Sistema *kanban* de Cartão Único

Figura 2.7 – O Sistema *kanban* de Dois Cartões

Figura 2.8 – Componentes do *Leadtime*

### Capítulo 3

Figura 3.1 – Modelos de um Sistema

Figura 3.2 – Modelos de Simulação – Relações

Figura 3.3 – Etapas do Processo de Simulação

### Capítulo 4

Figura 4.1 – Organograma da Fábrica

Figura 4.2 – Composição dos Produtos (bombas de engrenagens)

Figura 4.3 – Composição dos Produtos (bombas de palhetas)

Figura 4.4 – Configuração Atual dos Produtos da Mini-Fábrica 3

Figura 4.5 – Fluxo de Materiais na Mini-Fábrica 3

Figura 4.6 – Histórico do Índice de Manutenção Corretiva ao longo do ano de 1998

Figura 4.7 – Histórico do Índice de Qualidade (Produto) ao longo do ano de 1998

### Capítulo 5

Figura 5.1 – Relações entre os Setores na Mini-Fábrica 3 e o que foi considerado em cada um deles

Figura 5.2 – Representação do Fluxo de Materiais e Informações na Mini-Fábrica 3

Figura 5.3 – Diagrama de Fluxo da Célula 1

Figura 5.4 – Diagrama de Fluxo da Célula 2

Figura 5.5 – Diagrama de Fluxo da Célula 3

Figura 5.6 – Diagrama de Fluxo da Célula 4

Figura 5.7 – Fluxograma da Ilha de Montagem da Mini-Fábrica 3

Figura 5.8 – Frequência de Quebra e Tempo de Serviço de Manutenção (C. Usinagem 1 – célula 1)

Figura 5.9 – Frequência de Quebra e Tempo de Serviço de Manutenção (C. Usinagem 2 – célula 1)

Figura 5.10 – Frequência de Quebra e Tempo de Serviço de Manutenção (Torno – célula 2)

Figura 5.11 – Frequência de Quebra e Tempo de Serviço de Manutenção (C. Usinagem – célula 2)

Figura 5.12 – Frequência de Quebra e Tempo de Serviço de Manutenção (Torno – célula 3)

Figura 5.13 – Frequência de Quebra e Tempo de Serviço de Manutenção (Fresadora – célula 3)

Figura 5.14 – Frequência de Quebra e Tempo de Serviço de Manutenção (Retificadora 1 – célula 4)

Figura 5.15 – Frequência de Quebra e Tempo de Serviço de Manutenção (Retificadora 2 – célula 4)

Figura 5.16 – Layout do Fluxo Principal do Modelo da Mini-Fábrica

Figura 5.17 – Layout do Sub-modelo da Célula 1

Figura 5.18 – Layout do Sub-modelo da Célula 2

Figura 5.19 – Layout do Sub-modelo da Célula 3

Figura 5.20 – Layout do Sub-modelo da Célula 4

Figura 5.21 – Critério de Aceitação da Hipótese Nula  $H_0$

Figura 5.22 – Entradas e Saídas do Sistema

Figura 5.23 – Quantidade de *kanbans* em Processamento nas Ilhas de Fabricação – Células 3 e 4

Figura 5.24 – Gráfico de Correlação – Tempo de Espera das Bombas de Palhetas

Figura 5.25 – Padrão de Apresentação dos Intervalos de Confiança

Figura 5.26 – Intervalo de confiança 95% - Tempo de espera dos pedidos de bombas tipo A

Figura 5.27 – Intervalo de confiança 95% - Tempo de espera dos pedidos de bombas tipo B

Figura 5.28 – Intervalo de confiança 95% - Tempo de espera dos pedidos de bombas tipo C

Figura 5.29 – Intervalo de confiança 95% - Tempo de espera dos pedidos de bombas de palhetas

Figura 5.30 – Evolução do Índice de Pontualidade na Simulação

Figura 5.31 – Intervalo de confiança 95% - Índice de Pontualidade

Figura 5.32 – Utilização das Diversas Operações no Setor de Montagem e Teste de Bombas

## Lista de Tabelas

### Capítulo 2

Tabela 2.1 – Decisões Estratégicas e os Efeitos nos Critérios de Desempenho

Tabela 2.2 – A Qualidade Total e a Satisfação das Necessidades

### Capítulo 3

Tabela 3.1 – Distribuições de Probabilidade

Tabela 3.2 – Quadro Ilustrativo da Evolução dos Softwares de Simulação

### Capítulo 5

Tabela 5.1 – Capacidade do kanban

Tabela 5.2 – Tempos de Processo e Preparação na Mini-Fábrica 3

Tabela 5.3 – Tempos das Operações na Ilha de Montagem

Tabela 5.4 – Teste “t” sobre a Produção Mensal de Bombas

## Lista de Siglas

**JIT** – Just in Time

**CE** (Concurrent Engineering) – Engenharia Simultânea

**MRP** (Material Requirements Planning ) – Planejamento das Necessidades de Materiais

**MRPII** (Manufacturing Resources Planning) – Planejamento dos Recursos na  
Manufatura

**TOC** (Theory of Constraints) – Teoria das Restrições

**TQC** (Total Quality Control) – Controle da Qualidade Total

**SMED** (Single Minute Exchange Die) – Troca Rápida de Ferramentas

## Resumo

Este trabalho visa comprovar a importância do uso da ferramenta de simulação na análise de sistemas de manufatura, especialmente quando se trata de sistemas altamente dinâmicos e complexos, tal como os sistemas de Manufatura Enxuta. É sabido que o ambiente no qual as empresas estão inseridas atualmente se caracteriza pela competição acirrada e por ser extremamente dinâmico, exigindo dos sistemas de produção flexibilidade e agilidade, além de controle dos custos e qualidade. Com vista nestes objetivos, a Manufatura Enxuta se apresenta como um caminho para alcançar a excelência na manufatura, através da eliminação de perdas e ênfase na qualidade e flexibilidade. Uma característica muito importante nestes sistemas é a visão de melhoramento contínuo, que torna o ambiente produtivo sujeito a freqüentes mudanças, organizacionais e físicas. A ferramenta de simulação pode reduzir os riscos a que estão submetidas as empresas frente a estas mudanças, fornecendo estimativas confiáveis das conseqüências no desempenho do chão-de-fábrica. Para uma análise mais palpável, foi construído um modelo de uma fábrica real em um software específico de simulação e através de experimentos pode-se estudar o comportamento do sistema em diversas situações e analisar os efeitos nos índices de avaliação de desempenho.

## Abstract

This work aims to confirm the importance of the simulation tool for analysis of manufacturing systems, especially when it is about highly and complex systems, such as the Lean Manufacturing systems. The environment that the companies are inserted currently are characterized for the incited competition and being extremely dynamic, demanding flexibility and agility of the production systems, beyond costs and quality control. The Lean Manufacturing approach presents a path to achieve the excellence in manufacturing, through the waste elimination and emphasis on quality and flexibility. A very important feature in these systems is the continuous improvement vision, that becomes the plants subject to frequent changes, both organizational and physics. The simulation tool can reduce the costs and risks that the companies are submitted due these changes, supplying reliable estimates of the consequences in shop-floor performance. In the analysis, a model based on a real plant was construct, with specific simulation software. Through experiments, the model allows to study the systems behavior on some situations and analyze the effects on the performance indices defined in the model.

## 1- Introdução

Não se pode negar que os sistemas produtivos sempre estiveram em constante transformação, desde seu surgimento. Porém, nas últimas décadas este processo de intensificou, em função de uma nova realidade: a globalização.

A chegada de novos produtos, com maior qualidade, alta variedade e baixos custos tem forçado indústrias de todo o mundo a se modernizarem, reorientarem suas prioridades e procurarem modelos organizacionais que respondam de maneira eficaz a este novo mercado. Envolvidos de maneira brusca neste processo, países como o Brasil se viram diante de um mercado altamente competitivo, com clientes muito mais exigentes, e foram obrigados a procurar caminhos rápidos e seguros para esta mudança.

Como aspecto importante desta nova realidade pode-se salientar a revalorização do papel da manufatura como meio de obter vantagem competitiva em relação aos concorrentes. Descobriu-se que através de mudanças organizacionais e atenção à qualidade (no produto e processo produtivo) é possível obter bons resultados no desempenho operacional, e desta forma apoiar e impulsionar a competitividade da empresa como um todo.

### 1.1. Foco do Trabalho: A Manufatura Enxuta

Na tentativa de solucionar as dificuldades encontradas na gerência da produção, muitos conceitos foram criados, propondo idéias em diversos aspectos da cadeia produtiva, como exemplos pode-se citar o MRP, JIT e TOC na área de planejamento e controle da produção, a Engenharia Simultânea na área de projetos e o TQC. No entanto, percebeu-se com o tempo que o uso isolado de uma ou mais técnicas muitas vezes não trazia os benefícios esperados. Descobriu-se então que em alguns casos uma reestruturação profunda (reengenharia) era necessária e em outros casos faltava a integração das técnicas e métodos em um contexto maior. Surgiu então a “Manufatura Enxuta”, entre outras abordagens que tentam sintetizar a procura de um modelo de gestão adequado às novas necessidades, englobando alguns dos conceitos citados anteriormente. Pode-se dizer que são pontos comuns a flexibilidade, a agilidade e a desburocratização na empresa de manufatura.

A Manufatura Enxuta (Lean Manufacturing) se baseia nas técnicas japonesas de produção, entre elas o JIT (incluindo o kanban), o TQC, o SMED (troca rápida de ferramentas) e o *kaizen* (melhoria contínua do processo). O relacionamento com os fornecedores e a valorização do papel do homem no processo produtivo são pontos fortes de mudança neste novo modelo.

## 1.2. Justificativa da Simulação

A transformação de um sistema de manufatura na direção de um sistema “enxuto” se dá através de mudanças organizacionais, que se apresentam radicais num primeiro momento, porém seguem graduais e contínuas no decorrer do tempo.

ARDHALDJIAN & FAHNER (1994) advertem que o processo de reengenharia requer um entendimento profundo do sistema e que este conhecimento é adquirido através da manipulação de variáveis com o intuito de observar os efeitos no processo, como é possível utilizando um modelo de simulação. O mesmo se dá com mudanças menos drásticas, porém também arriscadas como: compra de novos equipamentos, implantação do kanban, mudanças de layout, introdução de um novo produto, contratação e dispensa de pessoal, etc. A simulação avalia alternativas e estimula o pensamento criativo na procura de soluções.

A possibilidade de representação de sistemas complexos e aleatórios tem apontado a simulação como uma ferramenta poderosa no projeto e análise de sistemas de manufatura, em especial em locais onde o dinamismo e a competição exigem que decisões sejam tomadas de forma rápida e precisa.

## 1.3. Objetivos do Trabalho

O presente trabalho tem como objetivo comprovar as potencialidades da ferramenta de simulação no projeto e análise de sistemas de manufatura, e defender a adequação do método no caso de sistemas altamente dinâmicos, como os sistemas de “Manufatura Enxuta”.

Para alcançar este fim desenvolveu-se um modelo de simulação de uma fábrica moderna, cujo sistema produtivo possui características “enxutas”, que permite avaliar a influência de alguns fatores críticos no desempenho do modelo, e desta forma sugerir melhorias, com base nos resultados apresentados.

## 1.4. Metodologia Utilizada

O estudo de simulação teve como base uma mini-fábrica fabricante de bombas hidráulicas, cujo processo produtivo baseia-se nas técnicas japonesas de administração da produção. Por meio de visitas ao longo do processo obteve-se informações a respeito de todo o funcionamento da mini-fábrica, além de dados referentes aos tempos de processo e preparação de máquina, níveis de refugo, manutenção, entre outros, assim como histórico dos índices de avaliação de desempenho coletados nos últimos anos.

Durante o projeto, seguiu-se a metodologia clássica de simulação de sistemas (etapas e métodos). Recomendações importantes foram colhidas em periódicos sobre o tema.

O software de simulação Promodel<sup>®</sup> foi utilizado na codificação do modelo, e seus módulos estatísticos auxiliaram nas etapas de tratamento dos dados de entrada e análise dos resultados.

## 1.5. Estrutura da dissertação

Os dois primeiros capítulos fazem a revisão da bibliografia nas duas principais áreas relacionadas com o trabalho. O capítulo 2 traz definições básicas da teoria de sistemas de produção, um breve histórico da evolução destes no tempo e apresenta as características dos sistemas modernos de administração da produção, em especial a abordagem denominada “Manufatura Enxuta”. O capítulo 3 apresenta a teoria sobre simulação de sistemas e descreve as etapas de um processo de simulação, com ênfase na simulação de sistemas de manufatura.

O sistema de produção utilizado no estudo foi descrito no capítulo 4, incluindo características do processo produtivo, recursos disponíveis, produtos fabricados e avaliação de desempenho.

O capítulo 5 apresenta o desenvolvimento do trabalho e tem o objetivo de descrever como foram realizadas as diferentes etapas do processo de simulação e mostrar e analisar os resultados obtidos com o modelo.

Finalmente, no capítulo 6 são apresentadas as conclusões obtidas através do desenvolvimento do trabalho e as recomendações para trabalhos futuros.

## 2 - Sistemas de Manufatura

### 2.1. Introdução

A tecnologia envolvida na organização das atividades de manufatura vem se desenvolvendo intensamente, alavancadas pelas transformações ocorridas no mercado mundial, com o aumento da competição e mudança de prioridades. A organização tradicional da manufatura, com sua pesada estrutura e conseqüente falta de agilidade, se tornou obsoleta, abrindo espaço para modelos mais flexíveis, mais ágeis e mais “enxutos”.

A Manufatura Enxuta se apresenta como um caminho para atingir a excelência na manufatura, necessária para a sobrevivência da empresa no ambiente competitivo atual. O foco desta abordagem é a produção em lotes, onde a variedade de produtos e processos aliados ao dinamismo do mercado torna a administração da produção muito mais complexa.

### 2.2. Conceitos Básicos

O conceito de *produção* é definido como sendo o processo econômico de transformação de insumos em bens tangíveis (produtos) ou intangíveis (serviços). Pode-se também dizer que *produção* significa criar utilidade ou agregar valor através de atividades de conversão aos elementos chamados fatores de produção (HITOMI, 1979).

A produção pode ser vista como um sistema *input-output*, onde as entradas para o processo são chamadas de fatores de produção e incluem: os objetos da produção (matéria-prima, energia e outros materiais consumidos durante o processo), o trabalho produtivo (físico e mental dos funcionários), os meios de produção (maquinário, dispositivos, ferramentas, equipamentos, instalações, entre outros objetos que podem ser usados repetidas vezes durante um certo tempo) e informação da produção (todo o conhecimento necessário para que o conjunto trabalhe de uma maneira eficiente). A saída do processo são os bens, tangíveis ou intangíveis, que geram de alguma forma uma utilidade para o cliente. O valor percebido pelo cliente de tal produto é denominado “utilidade de posse”, e subtraindo-se deste valor o custo total de produção tem-se o

valor agregado ao produto pela produção. O sistema de produção então pode ser ilustrado como na figura 2.1.

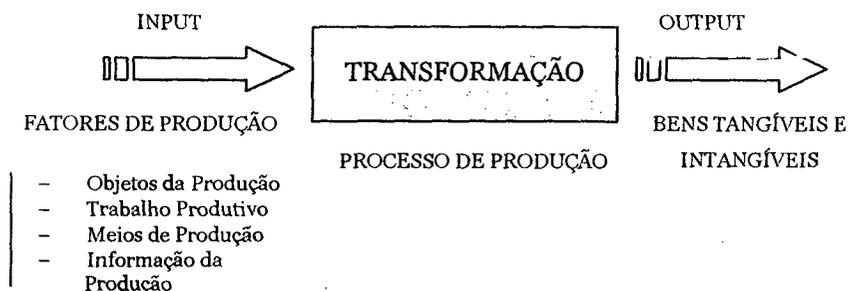


Figura 2.1 – A Produção como um Sistema Entrada-Saída (adaptado de HITOMI, 1979)

Um sistema de manufatura é um sistema de produção discreta de bens, ou seja, produtos tangíveis (embora agreguem algo de intangível) e contáveis, para diferenciar da produção por processo típica dos produtos químicos, farmacêuticos e alguns metalúrgicos. Segundo HARRINGTON (1984), o processo inicia com a aquisição da matéria-prima e se estende através de uma rede de produção que inclui projeto do produto e do processo, fabricação de peças, montagem, teste, distribuição e suporte. Esta é a cadeia produtiva que deve ser administrada da melhor maneira possível, de forma a maximizar o valor do produto frente ao cliente e minimizar os custos.

### 2.3. Evolução da Manufatura

As transformações ocorridas na organização da produção industrial desde o princípio foram consequência de transformações no mercado e na economia mundial. Desta forma, muitos modos de produção surgiram e se tornaram obsoletos, abrindo caminho para outros, mais adequados à nova situação.

Durante a Idade Média, o mercado era pequeno e estável, a produção era realizada por mestres artesãos independentes e alguns assistentes. O artesão acumulava várias funções: negociava e comprava a matéria-prima, empregava aprendizes, fabricava os produtos, supervisionava o trabalho dos demais e era também o comerciante que vendia os produtos para o consumidor final (HUBERMAN, 1981).

A partir do século XVI, a demanda começou a crescer, e surgiu a figura do intermediário; era agora necessário muito dinheiro para se obter a matéria-prima, organizar a distribuição desta e sua venda como produto acabado. O intermediário trazia

a matéria-prima, e também comercializava os produtos, ficando o artesão com a incumbência de fabricar o produto somente. Não existiam fábricas, a produção era feita na própria casa do artesão. Já no século XVII descobriu-se na prática as vantagens da especialização e da divisão do trabalho.

Após a Revolução Industrial, final do século XVIII, a produção se mudou para as fábricas, os trabalhadores perderam completamente sua independência, produzindo fora de casa e sob rigorosa supervisão. O aparecimento da máquina à vapor foi o nascimento do sistema fabril em grande escala. O aumento da produção foi em parte uma resposta ao aumento da procura, e em parte pela necessidade de manter as novas máquinas produzindo devido ao capital que representavam para os proprietários.

O século XIX trouxe a intercambiabilidade de peças, avanços na tecnologia de máquinas-ferramenta e também o princípio da linha de montagem, mais tarde desenvolvido por Henry Ford, no início deste século. A linha de montagem de Ford inovou por fazer com que os produtos se movimentassem em uma esteira, enquanto o trabalhador permanecia parado, executando sempre a mesma operação.

A linha de montagem maximizou a produtividade e minimizou os custos unitários dos produtos, em detrimento da variedade de opções. Surgiu então a partir daí a *produção em massa* de produtos. A especialização do trabalho era uma das características mais marcantes deste modo de produção, visto que os trabalhadores da linha executavam apenas uma tarefa continuamente, alterando o ciclo de trabalho de um operador, que era na faixa de 8,56 horas em 1908, para uma média de 1,19 minutos na fábrica da Ford de Highland Park, em Detroit, em 1913 (WOMACK et al., 1994). A manutenção e ajustes no produto, posteriores a compra, deviam ser feitos pelo próprio proprietário se fosse necessário. As características principais da produção em massa eram: pequena variedade de produtos, alta produtividade e conseqüente baixo custo unitário, especialização do trabalho e inspeção final do produto.

A produção em massa difundiu-se pelo mundo e tornou-se a base da indústria mundial durante mais de meio século. Com o tempo, a competição exacerbada e as exigências de diversificação dos consumidores colocaram em cheque este modelo, permitindo que surgisse no Japão uma maneira totalmente inovadora de produção, a *Produção Enxuta*.

Este novo modelo tem seu foco nas atividades do chão-de-fábrica, e embora o sucesso tenha sido atribuído inicialmente a prática de *dumping*, este está ligado à prática da qualidade total, à flexibilidade da produção e à eliminação dos desperdícios.

## 2.4. Administração Estratégica da Manufatura

Por muito tempo a manufatura foi vista pela administração como um área “menor” da empresa, um “mal necessário”, e acreditava-se que o sucesso da organização era função de como as áreas “nobres” (marketing, vendas, produto) realizavam suas tarefas (CORRÊA & GIANESI, 1996). Juntava-se a isso a imagem ruim do chão-de-fábrica ante a empresa, considerado um lugar sujo, barulhento, sinistro, e associado a custos, ao contrário de outras áreas como vendas e marketing, associadas a entrada de dinheiro (BROWN, 1996).

Investimentos eram feitos baseados na prática do retorno a curto prazo, o que causou pouco ou nenhum investimento no sentido de melhorar a produtividade da fábrica, visto que investimentos na área financeira e de marketing traziam resultados muito mais rapidamente. O resultado de tudo isso foi a formação de uma estrutura administrativa pesada e ineficiente, com grande dificuldade para competir no mercado competitivo moderno.

HALL (1988) argumenta que embora a capacidade da produção não seja, e nem deva ser, o centro do pensamento estratégico, é um elemento muito importante visto que de nada adianta uma estratégia sem a capacidade de executá-la. BROWN (1996) lembra ainda que para responder questões a respeito da introdução de novos produtos ou possibilidade de aumento da demanda é preciso ter conhecimentos sobre a capacidade do chão-de-fábrica, ou estas decisões podem se tornar uma espécie de suicídio da empresa. Assim sendo, é necessário que a alta administração da empresa se aprofunde, talvez mais do que gostaria, na função produção para depois voltar a pensar estrategicamente.

A administração estratégica dos sistemas de manufatura envolve a responsabilidade sobre muitas atividades, sendo as mais importantes (SLACK et al., 1997):

Como implementadora da estratégia empresarial – É preciso que esta produção seja levada a cabo da melhor maneira possível, considerando aspectos de planejamento e controle das operações;

Como impulsionadora da estratégia empresarial – A vantagem competitiva na manufatura depende de alguma forma ser superior aos concorrentes, e a produção pode fornecer os meios para que isto seja possível. Outro ponto importante é transformar o papel da manufatura de reativo (a manufatura apenas reage às solicitações de outros setores) para proativo, onde esta contribua ativamente para produzir a vantagem competitiva, e interaja com outros setores no sentido de avaliar a viabilidade de propostas e estratégias que tenham relação com a manufatura.

Vale lembrar que existem cinco critérios de desempenho básicos na manufatura a partir dos quais pode-se alcançar vantagens competitivas reais em relação aos concorrentes, são eles:

Qualidade – produzir produtos sem defeitos segundo as especificações;

Custo – para que seja possível fixar preços apropriados e garantir retorno para a empresa;

Rapidez – além de aumentar a disponibilidade dos recursos da fábrica, fornece uma maior agilidade para a empresa se adaptar às mudanças no mercado;

Pontualidade – cumprir prazos significa principalmente estar preparado para estimar uma data de entrega ou aceitar a sugerida pelo cliente;

Flexibilidade – ter capacidade de produzir uma variedade de produtos de acordo com a necessidade do mercado e de se adaptar a mudanças rapidamente.

Com relação a estes critérios é importante ressaltar que o custo é influenciado por outros objetivos de desempenho, assim uma boa maneira de melhorar o desempenho de custos é melhorar o desempenho dos demais critérios. A figura 2.3 representa os critérios em questão, seus efeitos internos e externos e o relacionamento entre eles.

### *Estratégia de Produção*

SLACK et al. (1997) escreve que a maneira como se prioriza os critérios competitivos fazem parte da estratégia de produção da empresa. No entanto, HAYES & PISANO (1994) lembram que embora por muito tempo tenha se acreditado que os objetivos de desempenho fossem conflitantes, e por causa disso seria preciso fazer uma

análise de *trade-offs* entre eles para construir uma estratégia de produção, a *Manufatura Enxuta* veio mostrar que é possível obter ao mesmo tempo alta qualidade, baixo custo e rapidez na fabricação.

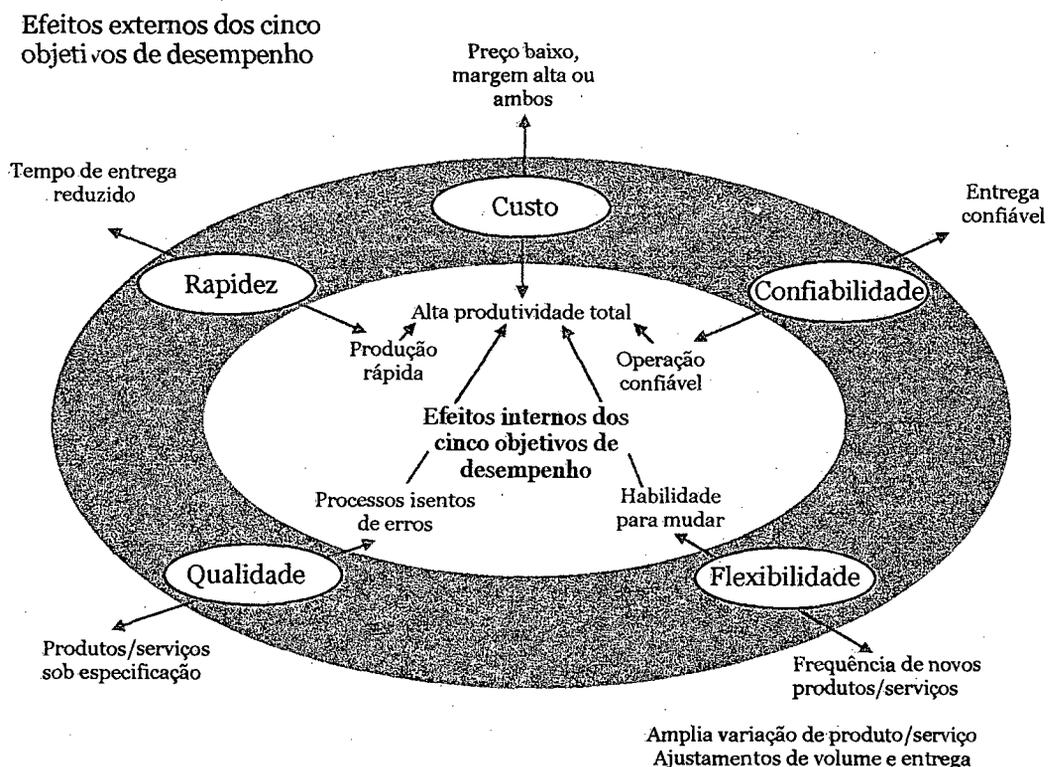


Figura 2.3 – Critérios de Desempenho - Relações (SLACK et al., 1997)

A estratégia de produção ainda engloba decisões na estrutura e infra-estrutura na fábrica que devem ser tomadas levando em conta a influência das decisões nestes critérios (tabela 2.1), estas decisões podem ser divididas em três áreas:

### 1. Decisões de projeto

- Desenvolvimento de produtos e serviços
- Integração vertical
- Instalações
- Tecnologia
- Organização e força de trabalho

### 2. Decisões de planejamento e controle

- Ajuste de capacidade
- Desenvolvimento de fornecedores

Estoques

Sistemas de manufatura

### 3. Decisões de melhoria

Processo de melhoria

Prevenção e recuperação de falhas

| Estratégia                                 | Qualidade | Rapidez | Confiabilidade | Flexibilidade | Custo |
|--|-----------|---------|----------------|---------------|-------|
| Desenvolvimento de novos produtos/serviços | ✓         |         |                |               | ✓     |
| Integração vertical                        |           | ✓       | ✓              |               | ✓     |
| Instalações                                |           | ✓       | ✓              | ✓             | ✓     |
| Tecnologia                                 | ✓         |         |                | ✓             | ✓     |
| Força de trabalho e organização            | ✓         |         |                | ✓             | ✓     |
| Ajuste de capacidade                       |           | ✓       |                | ✓             | ✓     |
| Desenvolvimento de fornecedores            | ✓         |         | ✓              |               | ✓     |
| Estoques                                   |           | ✓       | ✓              |               | ✓     |
| Sistemas de planejamento e controle        |           | ✓       | ✓              |               | ✓     |
| Processo de melhoria                       | ✓         | ✓       | ✓              | ✓             | ✓     |
| Prevenção e recuperação de falhas          | ✓         |         | ✓              |               | ✓     |

Tabela 2.1 – Decisões Estratégicas e os Efeitos nos Critérios de Desempenho (SLACK et al., 1997)

A função da Estratégia de Produção está em direcionar as decisões na fábrica, pois em geral não se detém em detalhes de como serão executadas. A influência das estratégias não necessariamente estão confinadas a sua própria área de decisão, por exemplo, estratégias em relação à tecnologia afetarão não somente as decisões na área de projeto, como também planejamento, controle e melhorias.

Embora a Manufatura Enxuta tenha mostrado ao mundo a importância estratégica da produção dentro da organização, seus conceitos abrangem somente aspectos dentro da atividade de manufatura, incluindo projeto, planejamento, controle e melhorias destes sistemas. O alcance da chamada *lean manufacturing* coincide com a abrangência da função produção, como visto na figura 2.2.

A decisão de seguir uma filosofia de produção como a Manufatura Enxuta serve de base para definir a estratégia de produção da empresa, apresentando caminhos e sugerindo metas. Já a implementação das técnicas relacionadas, como Just-in-Time (JIT), Troca Rápida de Ferramentas (SMED), Controle da Qualidade Total (TQC), Projeto para Manufatura, entre outras, é responsabilidade do pessoal ligado à função produção da empresa, ou seja, ao próprio chão-de-fábrica.

É oportuno lembrar que a chave para o sucesso a longo prazo de qualquer empresa está em ser melhor do que os concorrentes em algum aspecto, e que ter uma vantagem competitiva real no aspecto organizacional é mais do que algo que se possa comprar. Algumas pessoas tendem a ver programas como JIT ou TQC como soluções para problemas específicos quando são apenas degraus em uma direção de melhoria contínua da produção (HAYES & PISANO, 1994).

## 2.5. Organização da Manufatura

LEPIKSON (1998) enumera alguns aspectos do ambiente no qual está situada a indústria de manufatura na atualidade, são eles:

1) Globalização e fragmentação dos mercados – que implica em maior concorrência, operação desnacionalizada da empresa e também foco nas características locais de mercado;

2) Interferência de elementos exógenos – como acordos nacionais e internacionais de comércio, legislações, políticas governamentais, pressões relacionadas com o meio ambiente, etc.

3) Orientação ao cliente – tendo como objetivo principal o atendimento das necessidades e desejos dos clientes, mesmo quando estes não são explicitados ou até ainda não percebidos;

4) Incorporação de informações e serviços nos produtos – esta característica está intimamente ligada a orientação à qualidade nas empresas, mantendo o foco sobre o mercado, e não mais na tecnologia, como estratégia de diferenciação;

5) Dinamismo intrínseco – implica na capacidade de se adaptar às mudanças rápidas do mercado, provocadas pela obsolescência prematura dos produtos e pela forte concorrência;

6) Reorientação das prioridades – afastando-se da prioridade na inovação do produto para se concentrar na relação produto-processo, com algumas tendências visíveis: horizontalização e terceirização, utilização das tecnologias de forma menos radical (JIT menos radicais, automação de baixo custo) e flexibilidade.

Frente a este ambiente tão turbulento e desafiador, somente as empresas que se modernizarem poderão sobreviver. Muitos são os conceitos e as técnicas criadas para

resolver os problemas enfrentados diariamente nas fábricas, sob os diversos aspectos, sendo que os mais conhecidos são citados abaixo:

- ◆ JIT (Just-in-Time)
- ◆ Engenharia Simultânea
- ◆ Células de Manufatura
- ◆ MRP e MRP II (Planejamento das Necessidades de Material e Planejamento das Necessidades da Manufatura, respectivamente)
- ◆ TOC (Teoria das Restrições)
- ◆ TQC (Controle da Qualidade Total)

A tendência atual, no entanto, são conceitos que abrangem as diversas áreas na empresa e tentam sintetizar a procura por um sistema de gerenciamento da manufatura realmente eficiente. Alguns propõem alterações profundas (Reengenharia), envolvendo a própria estrutura da empresa. No entanto, todos os conceitos descritos abaixo possuem em comum uma visão de horizontalização, trabalhadores multi-qualificados (colaboradores), orientação para o cliente e ênfase simultânea na qualidade, custo, pontualidade e flexibilidade.

### **I. Fábrica Focalizada**

Uma das principais tendências na administração da manufatura hoje em dia é o foco nas atividades que agregam valor ao produto, em oposição ao que SKINNER (1974) chamou de “fábrica escondida”, e que significa toda uma estrutura administrativa que torna a fábrica lenta e que não agrega valor. Isto pode ser visto como um movimento em favor da des-hierarquização da empresa, com o objetivo de reduzir a complexidade, a burocracia, a especialização funcional e falta de comunicação. O conceito de Fábrica Focalizada consiste em dividir a fábrica em pequenas mini-fábricas, com autonomia gerencial visando obter maior foco nas atividades afins e maior agilidade de cada uma das unidades. As principais vantagens são (HARMON & PETERSON, 1991) (LEPIKSON, 1998):

- Aproximação da gerência e operação, diminuindo tempo de resposta em caso de problemas;
- Diminuição dos níveis hierárquicos, com conseqüente desburocratização, melhor qualidade de comunicação na fábrica;

- Pessoal de apoio distribuído entre as mini-fábricas, com maior familiarização com a operação da fábrica;
- Serviços de apoio mais básicos feitos pelos próprios operários;
- Maior consciência do pessoal do chão-de-fábrica em relação a economia e otimização de recursos.

## II. Estratégia do Tempo

Os princípios desta abordagem foram introduzidos por STALK JUNIOR (1988), e tem como objetivo principal incorporar a variável tempo como elemento de avaliação de desempenho da empresa, além de custos, rentabilidade e níveis de estoque (LEPIKSON, 1998).

Dentre os aspectos considerados se destacam:

- ✓ Foco nas atividades que agregam valor ao produto, assim como a *Manufatura Enxuta* e a *Fábrica Focalizada*;
- ✓ Manufatura Celular, dando maior flexibilidade a produção;
- ✓ Concentração nas competências essenciais (*core competences*), que são as qualificações desenvolvidas pela empresa e que são a chave para obter a vantagem competitiva;
- ✓ Qualificação de pessoal e delegação de responsabilidades.

## III. Manufatura Distribuída

LEPIKSON (1998) escreve que “por manufatura distribuída entende-se todo um elenco de conceitos emergentes voltados para o gerenciamento e controle distribuído da manufatura que surgiu com a tentativa de diminuir a complexidade dos sistemas visando torná-los mais competitivos em um meio ambiente turbulento”.

O conceito de manufatura distribuída tem como principal característica a des-hierarquização da empresa com o objetivo de facilitar a comunicação, diminuir a complexidade e aumentar a agilidade do chão-de-fábrica. Isto é obtido através do controle distribuído nas operações na manufatura, ou seja, da existência de estruturas autônomas (unidades) que englobem uma ou mais operações e se relacionem entre si de forma horizontal, não mais hierárquica, por meio de contratos e negociações, utilizando a relação cliente-fornecedor.

TIMMERSMANN (1993) ressalta a característica de tolerância a falhas e confiabilidade dos sistemas distribuídos em relação aos sistemas de arquitetura hierárquica, além da flexibilidade e facilidade de projeto e implementação. Como importante contribuição à comprovação da eficiência deste tipo de abordagem, o trabalho de LEPIKSON (1998) mostra, através de simulação, que é possível obter uma sinergia das unidades de forma a alcançar os objetivos de desempenho do conjunto.

#### IV. Manufatura Enxuta

A Manufatura Enxuta é identificada por alguns autores como sendo também uma nova tendência, e seus objetivos, e principais elementos são descritos em detalhes a partir da próxima seção.

##### 2.6. Manufatura Enxuta

A expressão *Lean Manufacturing* (Manufatura Enxuta) foi introduzida pelo livro “A Máquina que Mudou o Mundo”, resultado de um trabalho de cinco anos (1985-1990) feito por um grupo de pesquisadores do MIT (Massachusetts Institute of Technology), que incluiu o estudo de 90 montadoras de veículos em 15 países com o objetivo de explorar as diferenças entre o modelo da produção em massa utilizada nas indústrias do ocidente e do modelo japonês, cujas idéias o resto do mundo ainda não tinha conseguido entender.

A Produção Enxuta surgiu no Japão, mais precisamente na Toyota Motor Company, no início da década de 60, a partir das idéias revolucionárias de Taiichi Ohno, motivo pelo qual algumas vezes é referenciada como sendo o *Sistema Toyota de Produção* (STP). A princípio, o *kanban* e o JIT foram identificados como sendo os elementos-chave da eficácia do novo modelo, porém, descobriu-se que os resultados alcançados pela Toyota não poderiam ser atribuídos a um ou outro conceito e sim a aplicação concatenada de todo o conjunto. A troca rápida de ferramentas (SMED), a eliminação de desperdícios, o melhoramento contínuo, o JIT e o relacionamento com os fornecedores são todos pontos de mudança importantes neste novo sistema.

A falta de entendimento da essência desta nova abordagem levou a muita confusão envolvendo os conceitos de STP e JIT, tomados algumas vezes como

conceitos semelhantes. É comum encontrar em livros o JIT definido como filosofia de produção, assim como estratégia, sistema, abordagem ou técnica.

SLACK et al. (1997) propõem a definição do JIT em três níveis:

- Como filosofia de produção;
- Como conjunto de técnicas para a gestão da produção;
- Como método de planejamento e controle da produção.

No entanto, sob a ótica de Shigeo Shingo, estas caracterizações (do STP como sendo JIT) são altamente superficiais e indicam a falta de entendimento do observador quanto a verdadeira essência do Sistema Toyota de Produção (SHINGO, 1988).

Ao definir que o JIT e a Automação são os dois pilares do STP, Ohno deixa claro que estes, ao lado de outros fatores menores, são parte de um conjunto, e sugere para o JIT uma posição de controle de estoques e planejamento da produção quando diz que “Just-in-Time significa que, no fluxo da produção, os componentes necessários alcançam a linha de montagem no tempo em que são necessários e na quantidade necessária. A empresa que estabelecer este fluxo por toda a parte pode se aproximar do *estoque-zero*” (OHNO, 1988, p. 4).

HALL (1988), por sua vez, denomina de “Manufatura que acrescenta Valor” uma filosofia de produção baseada no JIT, na Qualidade Total e no envolvimento das pessoas. Mais uma vez, as técnicas e métodos associados ao JIT dizem respeito ao planejamento e controle da produção, com ênfase na redução de inventário.

## 2.7. A Manufatura Enxuta e a Eliminação de Desperdícios

Usando as palavras do próprio OHNO (1988, p. 4), “A base do sistema Toyota de produção é a absoluta eliminação do desperdício”. Desta forma, pode-se afirmar que a base da Manufatura Enxuta pode ser expressa pela máxima japonesa (SCHONBERGER, 1984): “Evite *muri, muda, mura*”, cujos significados são respectivamente excesso, desperdício e irregularidade.

a) *Muri* (excesso) – O excesso de produção é consequência do uso do lote econômico na produção. O uso do lote econômico é criticado por duas razões principais:

- por seu cálculo não considerar algumas vantagens da produção de lotes menores como maior qualidade, menor taxa de refugos e retrabalho, além da rápida realimentação em relação aos erros;

- o cálculo do lote econômico considera o custo de *setup* como sendo algo fixo, imutável, porém o sistema japonês reduz este custo continuamente.

b) *Muda* (desperdício) – a Manufatura Enxuta é radical em relação ao desperdício e não aceita passivamente porcentagens de defeitos, defende ainda que a inspeção deve ficar a cargo dos próprios operadores que tomarão medidas preventivas para evitar a ocorrência destes defeitos.

c) *Mura* (irregularidade) – a retirada dos estoques evidencia as irregularidades ocorridas na produção. A idéia é deixar à vista os problemas para que se possa tratar a causa destes, e não ocultá-los como fazia a produção tradicional. A figura 2.4 ilustra com uma analogia como os problemas são escondidos na produção. No desenho o nível de água estaria representando o nível de estoques.

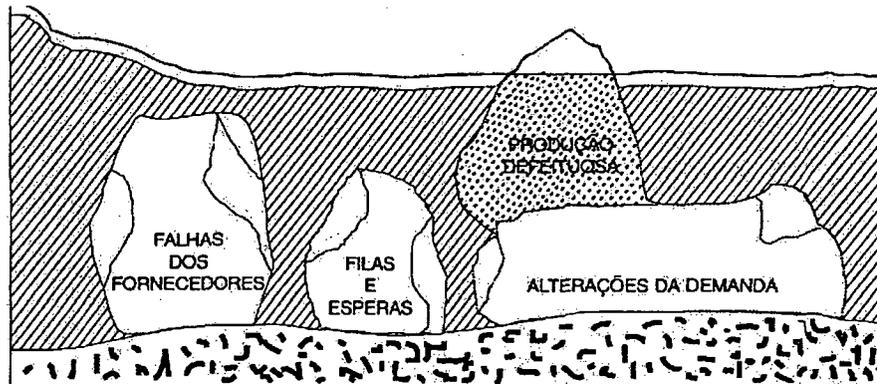


Figura 2.4 – O Efeito dos Estoques na Produção (RUSSOMANO, 1995)

Desperdício é toda atividade realizada na fábrica e que não agrega valor ao produto. OHNO (1988) identifica sete categorias de desperdícios, mais tarde batizados de “os sete desperdícios de Shingo” (CORRÊA & GIANESI, 1996) (SHINGO, 1989):

Desperdício de superprodução: produzir mais do que o necessário, produzir antecipadamente à demanda;

Desperdício de espera: tempos perdidos em filas de espera pela liberação de equipamentos e operadores;

Desperdício de transporte: a movimentação de materiais dentro da fábrica não agrega valor nenhum ao produto e deve ser reduzida ao mínimo;

Desperdício de processamento: processamento de peças que não agregam valor ao produto, o uso de engenharia e análise de valor podem detectar este tipo de problema;

Desperdício de movimento: o uso de métodos de trabalho pode reduzir os desperdícios de movimentos encontrados nas mais variadas operações na fábrica;

Desperdício de produzir produtos defeituosos: produção de produtos defeituosos significa desperdiçar material, disponibilidade de mão-de-obra, disponibilidade de equipamentos, movimentação, armazenagem e inspeção de produtos defeituosos;

Desperdício de estoques: estoques representam desperdício de investimentos e espaço.

Conforme já citado anteriormente, segundo OHNO (1988), o objetivo do Sistema Toyota de Produção (origem da Manufatura Enxuta) é a total eliminação dos desperdícios e os dois pilares de sustentação deste são o JIT e a Autonomia. Porém, outros elementos são necessários para que seja possível a implementação de um sistema de produção enxuto, assim como o TQC, a redução do tempo de preparação das máquinas (*setup*), o envolvimento dos funcionários, o melhoramento contínuo, além de aspectos relacionados com o arranjo físico, manutenção, projeto do produto e relacionamento com fornecedores. GHINATO (1995) apresenta um modelo que se destina a representar o STP, incluindo todos os princípios, métodos e técnicas com base em que a Produção Enxuta está estruturada (figura 2.5).

A seguir, são detalhados o JIT e a Autonomia e comentados os principais aspectos de transformação introduzidos pela Manufatura Enxuta.

### **1) Just-in-Time (JIT)**

A expressão *Just-in-Time* é uma expressão ocidental que designa a filosofia e o conjunto de técnicas desenvolvidas, adaptadas ou simplesmente utilizadas pela Toyota. Porém trata-se aqui o JIT como sendo o conjunto de técnicas tratando especificamente do Planejamento e Controle da Produção, visto que o STP é tratado neste trabalho por Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*). Segundo OHNO (1988), a palavra “Just” em *Just-in-Time* dá o verdadeiro significado do termo. Isto porque é preciso mais do que ter os componentes a tempo para a montagem, é preciso tê-los somente quando necessários, pois o armazenamento dos materiais gera um desperdício que não será recuperado.

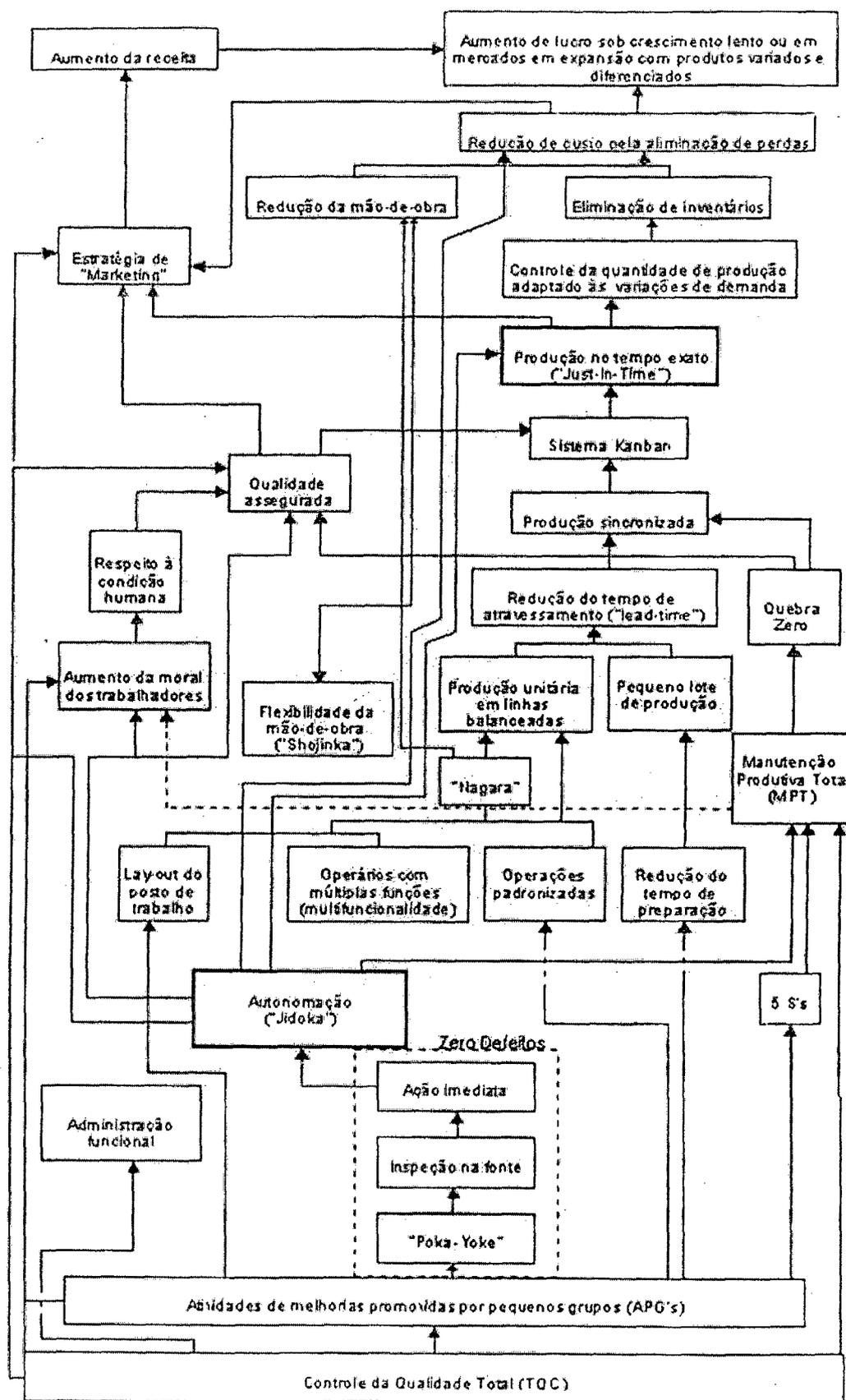


Figura 2.5 – O Sistema Toyota de Produção (GHINATO, 1995)

RUSSOMANO (1995) enumera as funções do Planejamento e Controle da Produção:

- Gestão de estoques;
- Emissão de ordens de produção;
- Programação das ordens de produção;
- Movimentação das ordens de produção;
- Acompanhamento da produção.

Para cumprir tais funções o JIT tem como principais técnicas e abordagens:

**a) Sistema *kanban***

O sistema *kanban* é o método usado para operacionalizar o sistema puxado de produção, característico do JIT. Conforme seu significado na língua japonesa, o *kanban* é um cartão, ou um sinal. Este sistema faz o controle de estoque entre processos e pode ser usado também para controlar o estoque de peças compradas (*kanban* de fornecedor). O princípio é simples: o *kanban* flui do processo posterior para o processo anterior e sinaliza a produção de um item, portanto não se produz nada até que seja necessário.

Segundo SLACK et al. (1997), o *kanban* tem três propósitos:

- É uma instrução para que o estágio anterior envie mais material;
- É uma ferramenta de controle visual para identificar áreas de superprodução e falta de sincronização;
- É uma ferramenta para o *kaizen* (aperfeiçoamento contínuo). A regra da Toyota diz que “o número de *kanbans* deve ser reduzido ao longo do tempo”.

A forma mais usada de representação do *kanban* é o cartão, porém a sinalização necessária para autorizar a produção ou movimentar o material pode ser feita através de uma bandeira, uma luz, bolinhas coloridas ou até mesmo um sinal com a mão. MOURA (1989) argumenta que a pronta transmissão e a reação a um sinal de puxar são importantes, o meio é secundário.

Existem alguns tipos de *kanban*, serão descritos a seguir:

*Kanban* de produção – este *kanban* informa ao processo que é preciso produzir um conjunto de peças especificado no cartão *kanban*. Neste *kanban* deve conter

informação da peça (número e descrição), quantidade, informações sobre a produção e o destino da peça depois de produzida.

*Kanban* de transporte – este *kanban* informa que o contenedor pode ser retirado do estoque de saída do processo para se movimentar até o processo de destino. Possui informações sobre a peça, quantidade, local de onde deve ser retirado e local de destino.

*Kanban* de fornecedor – similar ao *kanban* de transporte, ele avisa o fornecedor que é preciso trazer material ou componentes para a produção.

Existem duas maneiras de se implementar o sistema *kanban*, uma é usando o sistema de único cartão e outra é usando o sistema de dois cartões.

O sistema de um único cartão é mais simples e utiliza somente o *kanban* de produção. Este *kanban* é movido do processo posterior para o processo anterior na medida que os componentes nos contenedores padrão vão sendo utilizados. Cada contenedor contém um cartão *kanban* agregado a ele. Quando o contenedor está vazio, ele é levado a uma fila de espera no processo anterior e sinaliza uma ordem de produção (figura 2.6).

O sistema de dois cartões utiliza o *kanban* de transporte e o *kanban* de produção. É o sistema utilizado na Toyota. O *kanban* de transporte se movimenta do processo posterior para o processo anterior, o *kanban* de produção se move do final do processo para o início do processo. Basicamente, o *kanban* de transporte autoriza a transferência de um contenedor cheio na saída do processo anterior para a entrada do processo posterior. No lugar deste contenedor cheio fica um vazio que espera até que seja necessário para abrigar componentes fabricados pelo processo. Este contenedor cheio possuía agregado a ele um *kanban* de produção que é devolvido a caixa de espera do processo assim que este foi enviado ao processo posterior (figura 2.7).

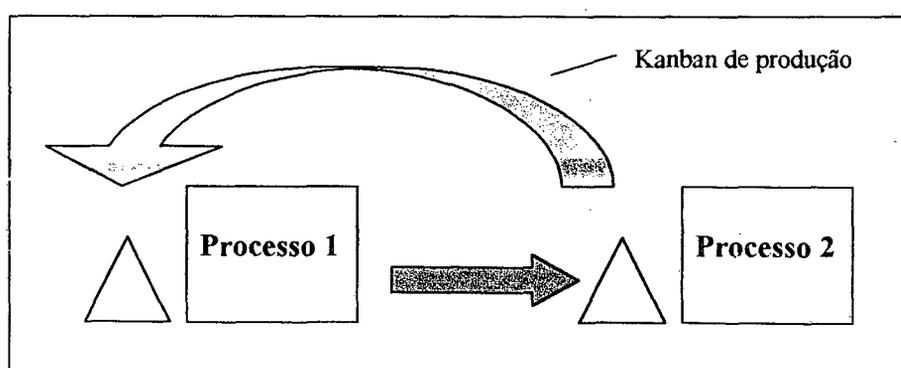


Figura 2.6 – O Sistema Kanban de Cartão Único

prova de falhas), *feedback* e ação imediata (GHINATO, 1995). As equipes dinâmicas de trabalho presumem trabalhadores qualificados e flexíveis e que ajam proativamente, encontrando soluções antes que os problemas se tornem graves (WOMACK et al., 1994).

### 3) Projeto do Produto

Como características principais do desenvolvimento de um produto na "Manufatura Enxuta" temos o trabalho em equipe, a liderança, a engenharia simultânea e a comunicação. A baixa rotatividade de pessoal e o compromisso dos funcionários, formalizados inclusive com contratos formais de cooperação na equipe, fazem a diferença nas fábricas "enxutas".

Nas empresas tradicionais o projeto de um novo produto passa por vários departamentos, a comunicação é falha, o número de pessoas envolvidas é grande e aumenta com o decorrer do trabalho, chamadas para resolver problemas que deveriam ter sido eliminados no início do projeto. Na Manufatura Enxuta isso não acontece, pois a equipe é formada por pessoas "emprestadas" por algum tempo dos seus departamentos, coordenadas por um líder e os problemas são confrontados desde o início, sendo assim tanto os problemas quanto o número de pessoas cai conforme vai se adiantando o processo (WOMACK et al., 1994). Outro aspecto importante no projeto do produto é o chamado Projeto para Manufatura, ou seja, a preocupação em projetar produtos destinados a facilitar a fabricação. Algumas das técnicas associadas ao projeto de produto na empresa de Manufatura Enxuta são (CORRÊA & GIANESI, 1996) (HALL, 1988):

Simplificação do Projeto – a diminuição do número de peças reduz o tempo de fabricação de um produto, além de facilitar a montagem, resultando num menor custo do próprio produto;

Projeto Modular – os produtos podem ser projetados de maneira modular, com diferentes sub-montagens e componentes que podem ser combinados utilizando as vantagens da padronização e da variedade de produtos ao mesmo tempo;

Projeto Adequado à Automação – destina-se a facilitar os processos de alimentação e posicionamento nas máquinas e montagem de peças.

#### 4) Redução do Leadtime

A redução dos tempos envolvidos no processo tem relação direta com a flexibilidade e a agilidade da própria fábrica, pois permite previsões mais confiáveis, reduz os custos e baixa estoques, ao mesmo tempo que conquista clientes pois a rapidez é um meio importante de alcançar uma vantagem competitiva em relação aos concorrentes.

O *leadtime* é, por definição, o tempo decorrido desde a chegada de um pedido até que este esteja disponível no final da produção. A figura 2.8 faz uma representação do *leadtime* e seus componentes (SLACK et al., 1997) (CORRÊA & GIANESI, 1996).

Tempo de tramitação da ordem de produção – no ambiente enxuto o sistema de liberação da ordem está no nível da fábrica, tornando estes tempos insignificantes;

Tempo de espera em fila – consequência da formação de estoques intermediários entre os processos, este tempo tende a ser muito reduzido com o uso de lotes pequenos e curtos tempos de preparação;

Tempo de preparação de máquina (*setup*) - A fabricação em pequenos lotes de produção só é possível se o sistema em si opera com pequenos tempos de *setup*. Na produção tradicional, utiliza-se a fórmula do lote econômico para determinar qual o tamanho do lote de produção para absorver um longo e caro *setup*, levando a grandes lotes e formação de estoques. A Produção Enxuta, no entanto, utiliza a mesma fórmula, porém virada do avesso. Ao invés de aceitar os altos tempos de *setup* como números fixos, o sistema enxuto fixa os tamanhos dos lotes (muito pequenos), e trabalha para reduzir os tempos de *setup*. A redução destes tempos pode ser feita elaborando dispositivos de fixação que permitam a agilidade da operação, eliminando o tempo de busca de ferramentas e equipamentos, e fazendo a pré-preparação das tarefas que retardam a troca. Uma abordagem muito comum é converter o trabalho que anteriormente era feito enquanto a máquina estava parada (denominado *setup* interno), para ser executado enquanto a máquina está operando (*setup* externo) (SHINGO, 1989);

Tempo de processamento – é o único tempo realmente necessário, pois nele se agrega valor ao produto. Porém, é importante que se produza com qualidade e sem erros;

Tempo de movimentação – a implantação do layout celular (menores distâncias) e a utilização de lotes pequenos (menores pesos) facilitam o trabalho e diminuem estes tempos.

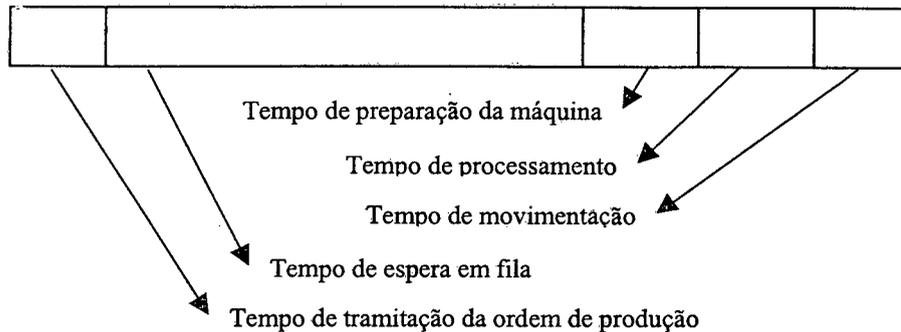


Figura 2.8 – Componentes do Leadtime

## 5) Arranjo físico

A disposição das máquinas e equipamentos (*layout*) no chão-de-fábrica tem grande importância na organização dos sistemas de manufatura, e está intimamente ligada à relação volume versus variedade sustentada pela produção. Arranjos físicos em linha sugerem grande volume de produção e pouca variedade, enquanto a produção em lotes exige uma configuração mais flexível.

O arranjo físico na produção "enxuta" segue algumas regras:

- Sempre que possível, adotar o arranjo físico celular;
- Situar os postos de trabalho uns próximos dos outros para evitar desperdício de tempo desnecessário com movimentação de materiais e geração de estoques;
- Providenciar um layout que promova a visibilidade e a flexibilidade;
- Utilizar linhas em forma de "U" de modo que os funcionários possam se movimentar entre postos de trabalho para balancear a capacidade.

As células de manufatura foram criadas para conseguir a eficiência de uma linha de produção, porém com possibilidade de fabricar peças diferentes, dentro de uma mesma família. Esta família de peças é formada pela similaridade de processos de fabricação, usando uma técnica chamada Tecnologia de Grupo (LORINI, 1993).

Geralmente as células de manufatura possuem forma de “U”, permitindo assim que um número menor de funcionários operem os equipamentos (CORRÊA & GIANESI, 1996).

## **6) Manutenção**

A abordagem “enxuta” para a manutenção é chamada Manutenção Produtiva Total (TPM). A TPM visa eliminar a variabilidade em processos de produção, a qual é causada pelo efeito de quebras não planejadas (SLACK et al., 1997), e procura romper com a relação tradicional “Eu opero, você conserta”, pregando o envolvimento de todos na preservação da instalação, inclusive atribuindo a responsabilidade de manutenção e reparos simples aos próprios operadores (FLEMING & FRANÇA, 1997). O processo de TPM tem sua sustentação feita por cinco pilares básicos, são eles:

- Incorporações de melhorias específicas e individualizadas nos equipamentos;
- Estruturação para a condução da manutenção autônoma;
- Estruturação do setor de manutenção para a condução da manutenção planejada;
- Educação e treinamento de novas habilidades, tanto para elementos da produção como da manutenção;
- Controle dos equipamentos na fase de projeto e início de funcionamento (prevenção da manutenção).

## **7) Aspectos Humanos**

O envolvimento total dos funcionários é característica essencial do sistema de produção enxuto, tendo em vista que até a responsabilidade da qualidade foi retirada de especialistas e colocada sobre o pessoal da produção. No entanto, nenhuma modificação no sentido de transformar uma fábrica desta maneira será efetivo sem o comprometimento de todo o pessoal da fábrica, desde os operários até a alta administração.

A diminuição dos níveis hierárquicos e o fim da super-especialização reduz a burocracia e dá maior agilidade à fábrica ao mesmo tempo que recupera o sentido do trabalho do operador na produção, dando a este mais responsabilidades e proporcionando maior motivação. O trabalho em equipe contribui para uma melhor

comunicação entre os trabalhadores, possibilitando o maior empenho na solução dos eventuais problemas.

Exige-se disciplina e flexibilidade, no entanto propõe-se igualdade na política de recursos humanos, autonomia, desenvolvimento de pessoal, segurança no emprego, programa de sugestões, qualidade de vida no emprego e trabalho criativo e motivador.

## **8) Rede de fornecedores**

Assim como as operações internas de uma fábrica tem relacionamento com seus fornecedores e clientes internos, a fábrica "enxuta" faz parte de uma rede produtiva maior, e não se baseia apenas em ofertas de preços, e sim no relacionamento passado e em um histórico de bom desempenho. Entretanto, uma vez escolhido o fornecedor, o contrato firmado estabelece regras fundamentais para preços, assim como a garantia da qualidade, encomendas e entregas, direitos de propriedade e suprimento de materiais. A determinação do preço também segue um caminho especial, onde cliente e fornecedor analisam juntos cada etapa do processo de fabricação usando engenharia de valor tentando descobrir qual seria o preço meta, garantindo um lucro razoável para o fornecedor. Além disso, uma característica interessante é a redução de preços ao longo do contrato. O relacionamento pressupõe uma curva de aprendizado e entram em acordo em relação uma curva de redução de custos (e de preços), sendo que qualquer avanço além daí será em benefício do fornecedor.

Um termo muito utilizado é "fonte exclusiva" ou "única fonte", ou seja, fornecedor único para um determinado tipo de peça, no entanto não quer dizer que não se tenha fontes alternativas. Os riscos são bem conhecidos, porém as vantagens de um fornecedor de única fonte são subestimados. Problemas de qualidade tem suas causas mais facilmente identificadas e contatos de desenvolvimento precisam ser feitos uma vez somente.

Na Manufatura Enxuta, a rede de suprimentos trabalha em uma estrutura de níveis. Cada fábrica se relaciona diretamente com um pequeno número de fornecedores do primeiro nível. A maioria dos fornecedores de primeiro nível trabalha com sistemas inteiros e partes mais agregadas ao invés de pequenas peças. Estes fornecedores de primeiro nível trabalharão adiante com seus próprios fornecedores, de segundo nível.

Este sistema simplifica o problema e facilita a comunicação e o relacionamento mais estreito entre cliente-fornecedor (KLIER, 1994).

Para garantir a uniformidade de produção tanto no cliente como no fornecedor, o volume de negócios é mantido regular, sem variações súbitas típicas da produção em massa, neste sentido também é desejável a proximidade cliente-fornecedor, de modo que o contrato de fornecimento possa se aproximar da entrega peça-por-peça.

Exceto as partes vitais do produto, o projeto fica em responsabilidade do fornecedor, estando o cliente a par de custos e da qualidade de produção do fornecedor. A transferência de informações sobre os processos é feita mais facilmente pelo uso de Controle Estatístico de Processo (CEP), onde através da medição dos resultados (em geral das características das peças) e da sua análise pode-se determinar causas de defeitos de modo a tentar eliminar suas causas.

YAMAMOTO (1996) lembra que a impossibilidade de trabalhar JIT com os fornecedores pode inviabilizar todo o processo, pois neste caso seria necessário manter estoques, comprando mais do que o necessário para a produção imediata. Ele ainda expressa sua preocupação no Brasil com relação aos fornecedores oligopólios que limitam as opções, embora isto já tenha sido amenizado com a entrada do Brasil no mercado mundial e no processo de globalização.

## **9) Melhoria Contínua**

A palavra japonesa para o aprimoramento contínuo é *kaizen*. Devido aos objetivos da Produção Enxuta serem de perfeição (zero-defeitos, zero-estoque, zero-setup, quebra-zero, movimentação-zero, lote unitário), eles garantem o esforço contínuo de melhoria e não aceitação da situação atual. O melhoramento contínuo, ao contrário da reengenharia, não é radical, ele favorece a adaptabilidade, o trabalho em grupo e a atenção a detalhes.

## **10) Controle da Qualidade Total (TQC)**

A prática do TQC tem o objetivo de conduzir a empresa de modo que ela fabrique produtos de qualidade e que assim satisfaça seus clientes, pois disto depende sua sobrevivência.

Mas e o que é qualidade?

Um produto de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável e de forma acessível, de forma segura e no tempo certo às necessidades dos clientes.

FALCONI CAMPOS (1992) estende o papel da empresa para atender as necessidades e anseios de todas as pessoas envolvidas no processo: consumidores, empregados, acionistas e os vizinhos. A tabela 2.2 apresenta os meios através dos quais a empresa pode atingir seus objetivos.

| OBJETIVO PRINCIPAL                      | PESSOAS      | MEIOS                     |
|---|--------------|---------------------------|
| Satisfação das necessidades das pessoas | CONSUMIDORES | Qualidade                 |
|   | EMPREGADOS   | Crescimento do ser humano |
|   | ACIONISTAS   | Produtividade             |
|   | VIZINHOS     | Contribuição social       |

Tabela 2.2 – A Qualidade Total e a Satisfação das Necessidades (FALCONI CAMPOS, 1992)

O Controle da Qualidade Total pode ser definido a partir da seguinte equação:

$$TQC = (\text{CONTROLE} + \text{QUALIDADE}) \text{ TOTAL}$$

$$TQC = \text{CONTROLE TOTAL} + \text{QUALIDADE TOTAL}$$

Isto quer dizer que é controle exercido por todas as pessoas da empresa, de forma harmônica (sistêmica) e metódica, com o objetivo de satisfazer as necessidades de todas as pessoas (FALCONI CAMPOS, 1992).

Dentre os princípios básicos do TQC, destacam-se:

- ✓ Orientação pelo cliente
- ✓ Qualidade em primeiro lugar
- ✓ Ação orientada por fatos e dados
- ✓ Controle de processos
- ✓ Controle da dispersão
- ✓ Próximo processo é seu cliente
- ✓ Controle a montante
- ✓ Ação de bloqueio
- ✓ Respeito ao empregado como ser humano
- ✓ Comprometimento da alta direção

Ainda, a responsabilidade pela qualidade cabe aqueles que fabricam a peça e não a um departamento de Controle da Qualidade. Esta mudança de pensamento tem uma imediata relação com a elevação da qualidade (SCHONBERGER, 1984).

## 3- Simulação de Sistemas

### 3.1. Introdução

Conforme discutido anteriormente, os sistemas de produção modernos se caracterizam pela dinâmica e pela alta flexibilidade, resultado de uma necessidade de responder de maneira rápida ao mercado. O ambiente em que estão inseridos, por sua vez, caracteriza-se pelas constantes mudanças nas atitudes dos consumidores, pelo acelerado crescimento da tecnologia e pela competição exacerbada. Todos estes fatores contribuem para a crescente complexidade da tarefa de gerência de um sistema de manufatura. Esta complexidade tem como consequência altos custos e altos riscos envolvidos na tomada de decisões na fábrica, considerando compra de equipamentos, treinamento de pessoal, etc. (MARTINS, 1997). É necessário, portanto, que se tenha ferramentas de apoio que possam proporcionar dados confiáveis sobre as consequências destas decisões no chão-de-fábrica, na produtividade e flexibilidade da manufatura.

A simulação tem sido aclamada como a ferramenta de análise mais poderosa atualmente disponível para auxílio na tomada de decisões no projeto e operação de sistemas de manufatura, devido a sua vocação para trabalhar com problemas complexos, dinâmicos e aleatórios (STAMM, 1998) (MENDIETA GAONA, 1995). O que antes era visto como último recurso, hoje, com o crescente aumento da velocidade e capacidade dos computadores e ainda a evolução dos softwares específicos, foi viabilizado para uso na indústria.

### 3.2. Definições

#### **Sistemas**

De acordo com o dicionário Aurélio, sistema é “conjunto de elementos, materiais ou ideais, entre os quais se possa encontrar ou definir alguma relação”. Uma definição mais completa, aplicada à engenharia, enfatiza a existência de um objetivo para este conjunto e a característica de adaptabilidade dos sistemas: Um sistema é uma coleção de unidades que possuem um relacionamento entre si, que recebe ‘input’ do

meio ambiente, as transforma em ‘output’ para este mesmo meio, enquanto procura maximizar a produtividade desta transformação (HITOMI, 1979).

O processo principal e os processos complementares em uma fábrica podem ser analisados como sistemas (e sub-sistemas) pois seus elementos (máquinários, funcionários e todo o ‘hardware’ envolvido) se relacionam de forma a maximizar a produtividade da transformação das entradas (objetos da produção, trabalho, meios de produção e informação da produção) em produtos.

### **Modelos**

O uso de modelos para representar interações entre as diversas partes de um sistema em busca de um melhor entendimento não é de forma alguma uma novidade, especula-se que é uma técnica tão antiga quanto o próprio método científico (HARRELL et al., 1995). Praticamente todas as áreas importantes em estudo atualmente utilizam algum tipo de modelo para facilitar o entendimento, não seria diferente com os sistemas de manufatura.

“Modelagem é o processo de construção de uma representação de um sistema real, que reflete as propriedades do sistema para um desejado nível de detalhe” (KOCHIKAR & NARENDRAN, 1994).

Um modelo para manufatura seria então uma representação simplificada de alguma parte do sistema de manufatura ou do todo, sendo a natureza do problema a ser estudado que determinará que tipo de modelo será usado. Sabe-se que um modelo é uma representação abstrata da realidade e que a incorporação desta abstração dentro do estudo da modelagem é de fundamental importância na representação de sistemas complexos (MARTINS, 1997) (figura 3.1).

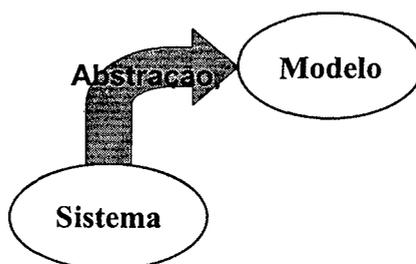


Figura 3.1 – Modelos de um Sistema

Os modelos podem ser classificados sob diferentes aspectos, e de acordo com a posição destes nesta classificação pode-se determinar a adequação ou não de um tipo de modelo para a representação de um determinado sistema (BLANCHARD & FABRYCKY, 1981) (GORDON, 1969).

#### *1ª classificação*

Modelos Matemáticos – A realidade é descrita em relações matemáticas e lógicas entre as entradas e saídas. É um modelo preciso e quando possibilita a representação da forma exata de um problema, constitui-se uma poderosa ferramenta para seu estudo.

Modelos Físicos – Trata-se de imitações, miniaturas ou réplicas do mesmo tamanho construídas para estudar o comportamento de algo fisicamente.

Modelos Esquemáticos – São representações da realidade feitas em forma gráfica. Podem ser usados para propósitos de entendimento e demonstração.

#### *2ª classificação*

Modelos Estocásticos ou Determinísticos – Modelos estocásticos são aqueles que possuem variáveis aleatórias, ou seja, para um conjunto de entradas, existem infinitas possibilidades de resultados de saída, ao contrário do modelo determinístico, onde dado um conjunto de entradas, pode-se calcular um conjunto de saídas único.

#### *3ª classificação*

Modelos Estáticos ou Dinâmicos – Modelos dinâmicos permitem conhecer o comportamento do sistema ao longo do tempo, como função deste. Modelos estáticos representam o sistema somente em um ponto no tempo.

#### *4ª classificação*

Modelos Discretos e Contínuos – Em analogia à classificação de sistemas discretos e contínuos, nos modelos contínuos as variáveis de estado mudam de valor continuamente no tempo, enquanto nos modelos discretos, as variáveis envolvidas mudam apenas em um conjunto discreto no tempo. Existem modelos que possuem variáveis discretas e outras contínuas, podendo então ser chamados de modelos híbridos.

Modelos a Eventos Discretos – Representam sistemas onde as variáveis de estado do sistema variam em instantes determinados pela ocorrência de algum evento.

De acordo com a primeira classificação, os sistemas de manufatura podem ser representados por modelos matemáticos e esquemáticos, visto que modelos físicos são aplicáveis a modelos de produtos (protótipos). Por outro lado, os modelos esquemáticos têm por função o entendimento das relações entre os elementos do sistema em questão, não se preocupando em retornar resultados numéricos como apoio a tomada de decisão. Desta forma, uma análise mais detalhada deve ser feita por modelos matemáticos, que podem ser subdivididos em:

- a) modelos de otimização (ou analíticos);
- b) modelos descritivos ou de avaliação.

Os modelos analíticos descrevem matematicamente cada elemento do sistema e tentam resolver o problema, achando o melhor candidato de um conjunto. Quando tratam de sistemas complexos, a resolução pode tornar-se inviável ou exigir um número grande de hipóteses simplificadoras que podem invalidar o modelo. Os modelos descritivos, por sua vez, tentam representar logicamente as relações internas do sistema em questão, porém com objetivos de análise, e não de otimização. Programação Matemática é um exemplo típico de modelo de otimização, enquanto redes de filas, redes de Petri e simulação são exemplos de modelos descritivos ou de avaliação (FREITAS FILHO, 1995).

A decisão sobre qual a melhor opção dentre os tipos de modelos existentes se dá por adequação ao sistema, assim sendo, se o sistema a ser modelado é relativamente simples e seu funcionamento pode ser satisfatoriamente descrito por equações matemáticas, sem a necessidade de muitas simplificações e suposições, então os modelos analíticos são os mais apropriados; caso contrário, se o sistema é complexo, como são geralmente os sistemas reais, em especial os sistemas de manufatura, então o uso de modelos analíticos devolverão resultados imprecisos e pouco confiáveis, sendo mais interessante o uso de modelos descritivos e de avaliação.

Em relação às outras classificações, parece claro que os sistemas de manufatura serão melhor representados por modelos estocásticos, dinâmicos e orientados a eventos discretos, podendo conter variáveis discretas e contínuas.

### 3.3. Modelos de Simulação

Os modelos de simulação vem sendo intensamente utilizados na modelagem de sistemas de manufatura, devido à superioridade na modelagem de sistemas complexos, altamente aleatórios e dinâmicos (HARRELL et al., 1995). Como modelo de avaliação, a simulação permite modelos mais ou menos detalhados conforme a necessidade da aplicação. O preço do detalhamento será a complexidade da programação, o tempo para modelagem e tempo de processamento. Outro aspecto importante dos modelos de simulação é sua capacidade de modelar comportamentos aleatórios do sistema. A aleatoriedade do modelo é incorporada através da especificação de distribuições de probabilidade associadas aos respectivos fenômenos aleatórios intrínsecos ao sistema. Uma análise estatística posterior fornece um intervalo de confiança para cada medida de desempenho de interesse, o que representa uma estimativa confiável destas medidas (HARRELL & TUMAY, 1997).

Os elementos de um modelo de simulação podem ser identificados como sendo:

Entidades – São os elementos temporários que são processados no sistema, podem ser peças numa fábrica, pessoas num banco, pacientes num hospital, etc.

Recursos – São os elementos permanentes no sistema, incluem máquinas, equipamentos, funcionários, etc.

Atributos – São características das entidades (e de recursos) que são comuns a todas do mesmo tipo, porém podem assumir valores diferentes que as diferenciam umas das outras.

Fila – É uma coleção de entidades ordenadas de alguma forma lógica, esperando pela ocorrência de algum evento.

Eventos – São ocorrências instantâneas que alteram o estado do sistema. Eventos típicos em um sistema de manufatura são: chegada de uma entidade a uma estação de trabalho, falha de um recurso, finalização de uma atividade e fim de um turno. Eventos em simulação podem ser classificados como (HARRELL & TUMAY, 1997):

- Eventos programados - ocorrem em tempos programados, mesmo que estes tempos não sejam determinísticos;
- Eventos condicionais - ocorrem somente se uma ou mais condições ocorrerem.

“Os modelos devem incluir todos os componentes relevantes do sistema em questão, e definir claramente as inter-relações entre estes componentes, bem como indicar as restrições intrínsecas do sistema e as impostas a ele” (MEREDITH et al. , 1973).

A atualização do relógio para o momento do próximo evento, a lógica de processamento, as mudanças associadas com cada evento e a coleta de dados estatísticos constituem a essência da simulação de sistemas a eventos discretos (HARRELL & TUMAY, 1997).

### 3.4. Simulação

#### **Definição**

A simulação é uma atividade pela qual pode-se tirar conclusões a respeito de um sistema a partir do comportamento de um modelo cujas relações de causa-e-efeito são as mesmas (ou similares) que o sistema original (HARRELL & TUMAY, 1997), ou ainda, simulação é um processo de experimentação de um modelo detalhado de um sistema real com o objetivo de determinar como o sistema responde a mudanças em sua estrutura, meio e condições iniciais (HARRELL et al., 1995).

Como pode ser notado nas definições, a simulação precisa de modelos que representem o sistema real para que possa alcançar seus objetivos. Isso se faz necessário devido a dificuldades técnicas e econômicas, ou até a impossibilidade de realizar experiências com o sistema; garantindo assim segurança e baixo custo na análise de possíveis investimentos.

A simulação utiliza o computador para imitar os eventos e as conseqüentes ações no sistema e enquanto isso estatísticas das medidas de interesse vão sendo geradas durante o processo. Desta forma, é possível estudar o sistema em questão e analisar a evolução deste e os problemas que apresenta, e ainda interagir de diversas maneiras de modo a tentar corrigir o problema ou criar meios de amenizar suas conseqüências (a

jusante ou a montante) e verificar o resultado destas intervenções nos critérios de desempenho de interesse. Pode-se identificar três maneiras de fazer uso da ferramenta de simulação para a resolução de problemas:

- a) Mapeando o comportamento do sistema frente a variações nos dados de entrada, de uma maneira que não seria econômica utilizando o sistema real;
- b) Procurando uma saída otimizada pela análise das entradas;
- c) Simulando mudanças no processo e analisando os ganhos na saída.

### Processo de Simulação

O processo de simulação é uma atividade que tem como início a definição de um problema e cuja saída é um modelo com o qual podemos avaliar as soluções para este problema. Pode-se dizer também que simulação é, basicamente, um processo iterativo e que pode ser descrito como um estudo entrada/saída com realimentação a partir dos resultados encontrados (MEREDITH et al., 1973), como ilustra a figura 3.2.

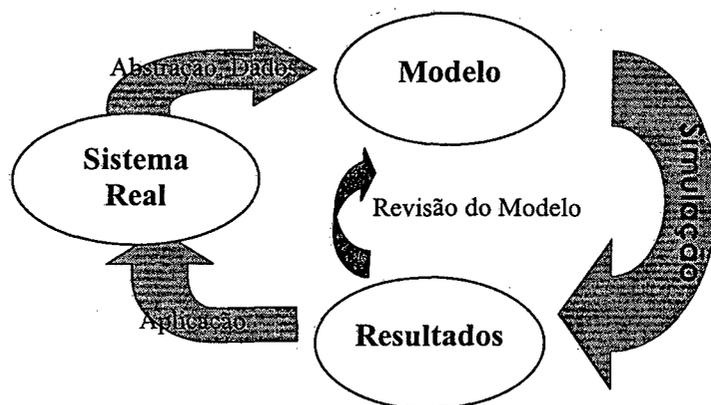


Figura 3.2 – Modelos de Simulação - Relações

Embora muita ênfase seja dada à escolha do software de simulação e a aprendizagem da linguagem, estes só serão utilizados em 30 a 40% do tempo no processo. O sucesso de um projeto de simulação não está baseado no software, e sim no bom gerenciamento do projeto (NORDGREN, 1995).

Outro engano muito comum é que pessoas não familiarizadas com o processo podem ter a errada impressão de que a simulação por si só resolve problemas, o que não

é verdade. Em geral, um modelo de simulação avalia alternativas criadas pelo próprio projetista (HARRELL & TUMAY, 1997).

### 3.5. Etapas do Processo de Simulação de um Sistema de Manufatura

As etapas de um processo de simulação são detalhadas a seguir, com enfoque em sistemas de manufatura, segundo (BANKS et al., 1996) (HARRELL et al., 1995) (FREITAS FILHO, 1997). A figura 3.3 representa graficamente este processo.

1. Formulação do Problema e Definição dos Objetivos – Mesmo o mais exaustivo dos trabalhos será inútil se não partir de uma necessidade real. Obter uma definição precisa e concisa do problema pode não ser tão fácil quanto parece, isto porque freqüentemente, o analista não é o único interessado no assunto, incluindo aí engenheiros, gerentes, pessoal do chão-de-fábrica, entre outras pessoas, cada um querendo obter resultados referentes a seus departamentos. É preciso um esforço para entrar em um acordo de quais são os objetivos do trabalho e as informações necessárias para tal tarefa. O analista deve se certificar que o problema foi bem entendido, assim como obter a concordância de todos os envolvidos no processo. Uma vez entendido e definido o problema, os objetivos do trabalho de simulação fluem naturalmente a partir deste. Os objetivos são as perguntas que o modelo deve responder no final do processo. É importante que sejam questões específicas e que tudo esteja muito bem entendido antes que se passe para a próxima fase.

A definição dos limites do modelo também constitui em uma atividade essencial nesta fase inicial. Para isso é preciso que se defina o escopo de modelo e o nível de detalhe necessário para atingir os objetivos do estudo.

*Nível de Detalhe:* Conhecido também como nível de resolução, indica até que nível de detalhamento pretende-se modelar o sistema, por exemplo, a nível de células ou a nível de operação.

*Abrangência do Modelo:* O que será modelado, por exemplo, uma célula ou a fábrica inteira.

Um estudo de simulação pode trabalhar num nível macro ou nível micro, ou seja, pode considerar todos os elementos da fábrica (como máquinas, operadores) ou,

num nível macro, considerar as interações entre os subsistemas. JAYARAMAN & AGARWAL (1996) discutem ainda as várias maneiras de agrupar os micro-modelos de forma a obter um macro-modelo do sistema.

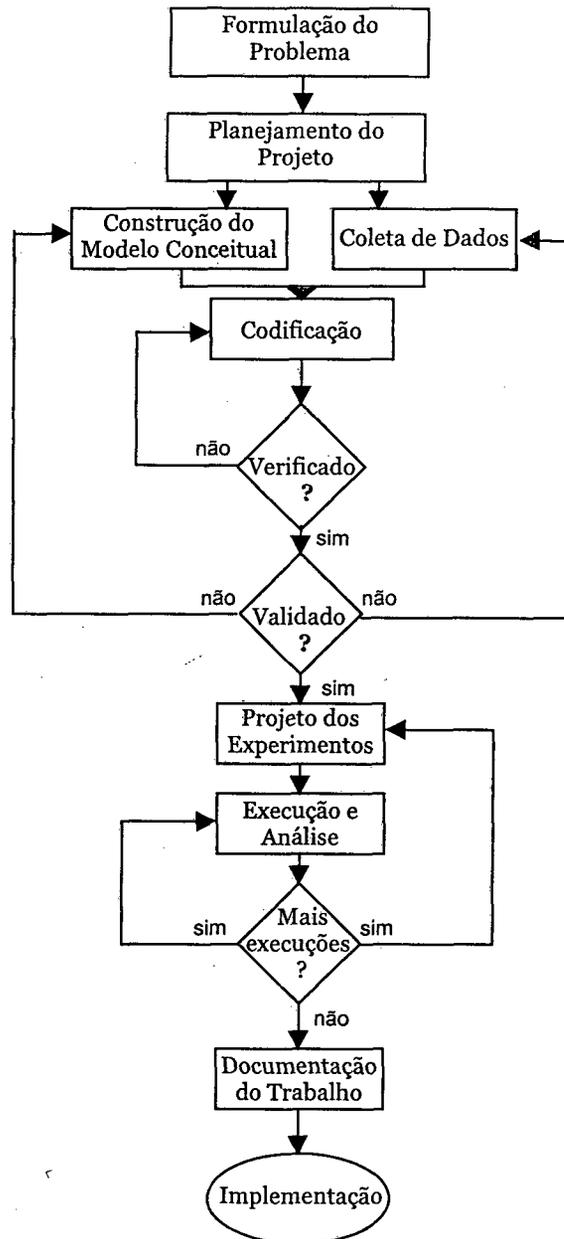


Figura 3.3 – Etapas do Processo de Simulação(Fonte: BANKS et al., 1996)

2. Planejamento do Projeto de Simulação – Esta fase inclui o planejamento de quantas e quais pessoas estarão envolvidas no projeto, qual o custo do estudo, tempo requerido para cada fase do trabalho e ainda os resultados esperados de cada etapa.

3. Construção do Modelo Conceitual – A construção do modelo conceitual é uma técnica aprendida, vivida e desenvolvida com a experiência, visto que não existe guia passo a passo para construir um modelo eficiente, embora existam algumas dicas importantes que podem ser seguidas. A modelagem exige capacidade de se abstrair da realidade para elaborar suposições que não descaracterizem o sistema, e então elaborar e enriquecer o modelo para que ele forneça resultados úteis (BANKS et al., 1996).

Como advertem LAW & KELTON (1991), um modelo deve conter apenas o detalhamento estritamente necessário para capturar a essência do sistema, dentro dos propósitos para os quais for concebido. Não é necessária a correspondência um-para-um entre os elementos do modelo e os elementos do mundo real.

O resultado desta fase são diagramas (em geral fluxogramas) das partes que compõem o sistema e a documentação sobre as suposições feitas. Ambos devem ser validados por todo o pessoal envolvido no processo e devem sempre estar abertos para revisão e modificações.

SOUZA et al. (1994) defendem que a análise do problema é crucial para o sucesso do trabalho e para isso propõem uma maior preocupação com a fase de modelagem conceitual do problema a ser tratado, estendendo esta fase durante todo o tempo de vida do projeto, inclusive. O uso de ferramentas como IDEF, CIMOSA, GRAI e outras são sugeridas para este fim, visto que são independentes de software e plataformas especiais.

4. Coleta de Dados – Esta fase deve ser desenvolvida juntamente com a construção do modelo em linguagem de simulação (codificação), e deve envolver as pessoas interessadas no trabalho para melhor suporte no sentido de obter informações úteis mais facilmente (HARRELL et al., 1995). Esta fase é um dos grandes desafios e uma das tarefas mais difíceis em um projeto de simulação (FREITAS FILHO, 1997). Conforme o conceito mais básico da informática: “Garbage In, Garbage Out”, ou seja, se alimentarmos o modelo com dados ruins, o modelo não terá condições de devolver resultados confiáveis.

Dados como tempo de processamento em cada estação de trabalho, tempo médio entre falhas nas máquinas, tempos de preparação de máquinas, devem ser tomados para construir o modelo, assim como leadtimes das peças, tempos nas filas podem ser tomados para validar o modelo mais tarde (BANKS et al., 1996). BURGESS et al.

(1993) cita uma lista de variáveis controláveis em uma fábrica, sendo que muitas delas podem ser consideradas no trabalho de coleta de dados. As informações podem ser coletadas através de documentos, observações e medições, entrevistas, etc.

É necessário também verificar quais os dados são realmente necessários, quais estão disponíveis e se eles representam realmente o sistema em análise. MUSSELMAN (1994) lembra que deve-se desafiar toda informação obtida, considerando a fonte e como foi coletada, questionando se a informação faz sentido, e se ela realmente representa o processo. O autor reafirma ainda a importância do teste de sensibilidade nesta fase.

Análise de sensibilidade é um método para descobrir o quanto o comportamento do sistema sendo modelado varia quando as suas propriedades variam (WILLIAMS, 1994). Ou seja, analisa-se a importância da informação no contexto do sistema.

De posse destes dados, passa-se a tarefa de achar uma (ou mais) distribuição de frequência e seus parâmetros para que possam representar estes dados. Tabelas, histogramas, e ferramentas computacionais são muito usadas nesta fase do trabalho. Dentre as distribuições que podem ser usadas, as distribuições Normal, Exponencial e Poisson (discreta) são mais usuais, embora as demais não devam ser ignoradas por causa da variedade de formas que apresentam (FREITAS FILHO, 1997) (vide tabela 3.1).

| Distribuição | Aplicações Típicas                                 |
|--------------|--|
| Normal       | Tempos de Processo                                 |
| Uniforme     | Grandes variações, falta de informação             |
| Triangular   | Pouca informação                                   |
| Exponencial  | Tempo entre chegadas, tempos em filas              |
| Lognormal    | Tempos de manutenção, tempo decorrido entre falhas |
| Erlang       | Idem   |
| Gama         | Idem   |
| Weibull      | Falhas de componentes ou sistemas                  |
| Beta         | Porcentagem de defeitos e de retrabalho            |
| Poisson      | Distribuição discreta                              |

Tabela 3.1 – Distribuições de Probabilidade

Tendo escolhido uma distribuição de probabilidade e estimados seus parâmetros, então testes de aderência devem ser usados para garantir a confiabilidade dos dados de

entrada. O objetivo dos testes de aderência é a verificação da qualidade da escolha de uma distribuição para representar um conjunto de dados. Existem dois principais testes: o Chi-quadrado e o Kolmogorov-Smirnov (K-S). O primeiro pode ser usado para distribuições discretas e contínuas enquanto o K-S só pode ser utilizado quando se trata de distribuições contínuas. Outro ponto importante é que o teste Chi-quadrado só é válido para um número considerável de observações (ao menos 100), enquanto o K-S pode ser usado mesmo em pequenas amostras.

5. Codificação (ou construção de um modelo em um software de simulação) – É a construção do modelo em alguma linguagem de programação, que pode ser de propósito geral (Pascal, C, Fortran,...) ou específica de simulação (ProModel<sup>®</sup>, Arena<sup>®</sup>, SimFactory<sup>®</sup>, Automod<sup>®</sup>, etc.). As linguagens específicas tem vantagens claras no sentido de facilidade e rapidez de programação, tanto para construir o modelo, quanto para modificações no mesmo.

É consenso entre os especialistas de que um dos segredos é começar sempre com um modelo pequeno, simples, e só então ir incrementando até o ponto desejado (BANKS et al., 1996) (BELGE, 1995) (MUSSELMAN, 1994). Outro aspecto que vem sendo abordado é o uso da metodologia de orientação a objeto na construção do modelo, pois suas características como encapsulamento e abstração remetem à modularidade e possibilidade de reutilização do modelo (HORNG & COCHRAN, 1998).

6. Verificação – O objetivo desta etapa é assegurar que o modelo obtido não tem erros de implementação, e se o programa trabalha como o analista entende que devia trabalhar, ou seja, está se testando o programa, sem relações com o mundo real.

Algumas dicas são fornecidas na literatura para esta fase (MUSSELMAN, 1994) (BANKS et al., 1996) (FREITAS FILHO, 1997):

- Desenvolver o programa de uma maneira modular;
- Uso de ferramentas “Debug” e “Trace” do próprio software, além da emissão de sinais e alarmes que podem ser implementados na própria lógica;
- Atribuir valores determinísticos às variáveis aleatórias, pois a busca de erros em programas determinísticos é mais fácil;
- Fazer testes de sensibilidade para testar a resposta das variáveis de saída em relação as variáveis de entrada. Pode-se verificar se as variações na entrada estão gerando conseqüências condizentes na saída;

- Utilizar o fluxograma do processo para seguir a lógica em busca de erros;
- Contar com a ajuda de outro especialista para checar a lógica do programa;
- Utilizar a animação.

BRATHEY et al. (1987) sugerem outros testes para uma boa verificação, são eles:

- *Teste modular* - verificar cada parte do modelo individualmente, e testando a sensibilidade a várias entradas;
- *Teste de Força* - testar o modelo em situações limite ajuda a encontrar erros que não aparecem a primeira vista e podem trazer muitos problemas mais tarde.

7. Validação – É a comparação do modelo agora com o sistema real. Envolve além do analista, esforços de possíveis usuários, e pessoas familiarizadas com a operação do sistema (HARRELL et al. , 1995). O processo de decisão consiste de analisar o modelo para aprender sobre o comportamento do sistema e aplicar este conhecimento nas decisões do sistema real. Para que isso seja possível é preciso que o modelo seja corretamente validado para garantir a confiabilidade (KOCHIKAR & NARENDRAN, 1994).

Na fase de validação, compara-se o comportamento do modelo em relação ao sistema real, considerando-se as suposições e simplificações realizadas no modelo como forma de viabilizar a construção deste modelo. Esta validação pode ser feita a partir dos resultados obtidos na simulação, comparando estes com os dados reais. A partir de diferenças encontradas, tenta-se o ajuste do modelo de forma a melhorar sua confiabilidade. Este processo de ajuste se comporta como uma calibração, e é repetido diversas vezes até que se obtenha resultados satisfatórios (MARTINS, 1997) (BANKS et al., 1996).

Conforme FREITAS FILHO (1997), o processo de validação deve abordar três aspectos principais:

- As simplificações adotadas na modelagem do sistema;
- Os dados de entrada e as distribuições utilizadas para representá-los;
- As análises dos resultados e conclusões formuladas diante dos resultados.

Não é possível garantir que o modelo reaja da mesma forma que o sistema real em todas as situações, mas é importante que o modelo se comporte fielmente nas

situações sob as quais ele será usado. O objetivo principal é aumentar a confiança nos resultados apresentados pelo modelo.

8. Projeto dos Experimentos de Simulação – Esta fase tem como objetivo determinar quais e como serão os experimentos necessários para avaliar o desempenho do sistema frente às modificações que se deseja fazer.

Definição dos critérios de avaliação de desempenho, determinação do tempo requerido de simulação, número de replicações e do tempo de estabilização do sistema são tarefas do analista nesta fase do projeto. Tempos de simulação muito grandes e/ou muitas replicações podem aumentar bastante o tempo necessário e o custo do projeto, no entanto tempos insuficientes, tempos de *warm-up* (aquecimento) mal calculados e poucas replicações podem levar a resultados pouco significantes e conclusões equivocadas.

Um aspecto fundamental nesta fase é se definir qual é o tipo de sistema com o qual estamos tratando, se é um sistema terminal ou não terminal (MARTINS, 1997) (FREITAS FILHO, 1997). Um sistema terminal seria um que tem condições iniciais fixas e um evento que determina um fim natural para o processo de simulação, como exemplos pode-se considerar os bancos, as lojas, academias, etc. Um sistema não-terminal não possui condições iniciais fixas e nem um evento que determine o fim de uma simulação. A maioria dos sistemas de produção são sistemas não-terminais porque uma vez iniciado a produção, o sistema nunca volta ao estado inicial, e sim o estado do sistema no final de um dia é o estado inicial do próximo dia.

Na análise de sistemas não-terminais, é de fundamental importância determinar o momento a partir do qual o sistema entrou em regime permanente, ou seja, as variáveis deixaram de ter o valor influenciado por causa das condições iniciais. O tempo passado até que o sistema entre em regime é chamado de regime transitório ou período de *warm-up* (aquecimento). Este período pode ser facilmente determinado graficamente através da variável “tempo no sistema”. O ponto no tempo onde o valor desta variável começa a se estabilizar em torno de um valor, é considerado o fim do período de *warm-up*. Para evitar que se perca tempo simulando várias vezes o modelo e perdendo este tempo de *warm-up*, o que pode ser feito é usar o método das médias dos grupos. Assim, simula-se o sistema uma só vez, durante um tempo longo e depois se divide esta

simulação em grupos de valores independentes entre si, e estes se tornam as diferentes replicações da simulação.

9. Execução e Análise dos Resultados – A partir das definições feitas na etapa anterior, pode-se rodar o modelo quanto tempo e quantas replicações forem necessárias e por fim analisar os resultados. Quanto aos resultados obtidos é necessário que se construa intervalos de confiança para cada uma das variáveis importantes, e no caso de comparação entre diferentes resultados, um teste estatístico é importante para atestar a igualdade ou diferença entre as observações (MONTGOMERY, 1984).

10. Mais execuções? – Baseado nos níveis de confiabilidade conseguidos com os resultados, pode-se concluir se é preciso fazer mais execuções do modelo. Se este for o caso, deve-se proceder como antes nas etapas de projeto do experimento e execução e análise dos resultados, que agora serão somados aos outros para fazer uma análise total.

11. Documentação do Trabalho – Além da apresentação do trabalho, usando também a animação para “vender” o projeto, deve-se preparar documentação do trabalho, apresentando as soluções propostas e os resultados obtidos, assim como os critérios de escolha entre as alternativas e o resultado final. Gráficos e tabelas explicativas podem ser muito interessantes para facilitar a observação.

12. Implementação – O sucesso da fase de implementação depende do bom andamento das fases anteriores. Depende também de se o analista obteve o envolvimento do usuário final das mudanças durante o processo de simulação. Se os propósitos do processo foram bem entendidos, a etapa de implementação não trará grandes problemas, o que pode não ser assim se este não for o caso.

Vale a pena citar o trabalho de CHU & SHIH (1992) onde é feito um estudo de estado da arte (até 92) sobre o uso da ferramenta de simulação em ambientes JIT, analisando, para cada uma das etapas do processo, quais aspectos foram levados em consideração e quais outros foram desconsiderados, podendo alguns destes terem levado a conclusões equivocadas.

### 3.6. Vantagens e Desvantagens da Simulação

#### *Vantagens da Simulação* (BANKS et al., 1996)

- Alterações de todo tipo podem ser feitas no modelo sem que isso signifique parada de produção;
- Novas propostas podem ser testadas previamente sem comprometer recursos financeiros desnecessariamente;
- Uma vez tendo o modelo construído, é possível estudar mudanças no modelo, de forma a testar novas propostas sem maiores dificuldades;
- Permite ótima visualização do sistema, e até de alguns pontos do modelo em separado (na maioria dos softwares atuais), auxiliando na verificação e validação do modelo;
- A velocidade de simulação pode ser acelerada ou diminuída para melhor visualização dos fenômenos;
- Pode-se indicar quais medidas de desempenho são interessantes;
- Pode-se observar a interação entre as variáveis do sistema;
- Pode-se tomar consciência da importância das variáveis no desempenho do sistema;
- Incorpora aleatoriedade que não pode ser ignorada quando se trata do funcionamento de um sistema de manufatura;
- Simulação pode ser um ótimo meio pedagógico de ensino de engenharia da manufatura, análise estatística e tomada de decisão (RAVINDRAW et al., 1987).

#### *Desvantagens*

A construção do modelo requer treinamento especializado, além de ser custoso do ponto de vista de dinheiro e do tempo necessário para construção e validação do modelo (MARTINS, 1997), embora os avanços da informática sempre favoreçam a entrada de programas mais amigáveis (mais fácil programação) e processadores cada vez mais rápidos (HARRELL et al., 1995).

### 3.7. Aplicações da Simulação

As áreas de aplicação da simulação são as mais variadas possíveis, incluindo indústria, desempenho de sistemas computacionais, na reengenharia de negócios, em restaurantes e entretenimento, sistemas de transporte, hospitais, etc. (BANKS et al., 1996) (MENDIETA GAONA, 1995).

Todo sistema de manufatura pode tirar vantagem do uso da simulação. Decisões relacionadas com a capacidade da fábrica, modos de operação, tamanho de “buffers” e níveis de estoque, logística, equipamentos de transporte e armazenagem, alteração nos turnos, otimização de mão-de-obra, manutenção preventiva, troca rápida de ferramentas podem ser auxiliadas através de um estudo prévio do sistema usando simulação (JAYARAMAN & AGARWAL, 1996).

Como exemplos, KATO et al. (1996) comentam a importância do uso de ferramentas de simulação no projeto de FMS's, pois avaliando as diversas possibilidades de regras de despacho, quantidade de AGV's, etc. pode-se otimizá-lo com base em critérios de desempenho pré-especificados. FRAZIER (1996) apresenta um trabalho onde a simulação computacional foi usada para avaliar o desempenho de diferentes regras de sequenciamento (scheduling) em uma célula de manufatura com seis máquinas.

ARDHALDIAN & FAHNER (1994) defendem que o uso da simulação para vender as idéias de reengenharia de negócios é essencial, visto que é possível avaliar as alternativas e “catalizar o pensamento criativo” através da visualização dos resultados.

Vale notar a contribuição de STAMM (1998) onde foi feita uma pesquisa no centro-sul do Brasil com o objetivo de verificar a intensidade do uso de ferramentas de simulação na indústria. Como conclusões mais importante tem-se a observação de sub-utilização da ferramenta, resultado da falta de informação, porém os resultados obtidos segundo as próprias empresas estão entre bons e ótimos. Entre os não-usuários, a maioria declara o não conhecimento da técnica.

THOMPSON (1994) prevê a expansão da simulação para além das etapas de planejamento e projeto de sistemas de manufatura, abrangendo também implementação e operação destes sistemas, por ser capaz de auxiliar nas decisões do dia-a-dia da fábrica. Operações como controle em tempo real, avaliação de alternativas tendo como condições iniciais o estado atual do sistema, e ainda visualização da operação de

fábricas através da simulação são áreas para onde o uso da simulação está sendo expandido.

### 3.8. Animação nos Modelos de Simulação

A animação é uma importante característica da simulação, tanto nos aspectos de marketing do modelo como no aspecto funcional no processo de simulação. No primeiro caso, são bastante claras as vantagens, visto que o cliente pode ver o sistema funcionando assim como as modificações propostas e isso dá uma credibilidade ao modelo de certa forma. Por outro lado, a animação do modelo pode ser útil nas fases de verificação e validação do modelo, além de fornecer aos conhecedores do sistema informações subjetivas que não são percebidas a partir dos relatórios de simulação.

Muitos erros de lógica podem ser percebidos pela simples observação da simulação, antes mesmo de iniciar um processo de verificação formal do modelo. Sendo assim, a animação auxilia como primeira ferramenta de análise neste processo, reduzindo o número de erros lógicos a serem rastreados. Pode-se fortalecer esta análise utilizando, além da simples movimentação das partes no modelo, variáveis mostradas na tela, mensagens e alarmes que podem ser emitidos pelo programa no caso de erros de lógica.

A animação pode ser útil na validação do modelo pois o primeiro passo para atestar que o modelo se comporta como o sistema real é simplesmente que ele *pareça* se comportar como o sistema real. Assim como na fase de verificação, a animação pode ser considerada uma ferramenta de análise primária.

A principal desvantagem de se utilizar a animação é o fato de esta reduzir a velocidade da simulação, visto que exige mais memória do computador. Por causa disso, muitas vezes é inviável assistir todas as rodadas da simulação de um certo processo para acompanhar a simulação e assim tentar tirar conclusões a respeito do sistema. Neste caso, o melhor mesmo seria tentar utilizar um número considerável de variáveis que representem os aspectos importantes e obter no final do processo uma gráfico das variáveis pelo tempo para poder analisar como esta se comportou durante a execução.

### 3.9. Linguagens de Programação

Nos anos 60, a simulação se restringia às universidades, centros de pesquisa e meio militar. Já nos anos 70, a simulação foi difundida nos setores de engenharia e negócios e nos anos 80 os PC's permitiram o surgimento de várias ferramentas de simulação manipuláveis por qualquer profissional. A tabela 3.2 mostra os diferentes estágios da programação dos modelos de simulação e as linguagens usadas em cada fase (LOBÃO & PORTO, 1996).

Um modelo de simulação nada mais é do que um programa computacional que representa um sistema real a um certo nível de detalhe e tem como objetivo fornecer respostas com relação ao desempenho deste sistema a diferentes situações.

| Geração | Tipo   | Conceito   | Exemplos                     |
|---------|--|--|------------------------------|
| 1       | Linguagens de programação de propósito geral           | Aplicáveis em qualquer contexto, porém exigem conhecimento profundo na linguagem, muito tempo de desenvolvimento e não são reutilizáveis.  | Fortran, Pascal e C          |
| 2       | Linguagens de simulação                                | Comandos projetados p/ tratar lógica de filas e demais fenômenos comuns. Mais amigáveis que a geração anterior, porém ainda requerem programador especializado.  | Simscrip, GPSS, Siman e Slam |
| 3       | Simuladores de interface gráfica e orientados à objeto | Projetados para facilitar o trabalho de modelagem, os simuladores possuem uma interface gráfica amigável, capacidade de animação, fornecimento de relatórios sobre a simulação executada e ferramentas estatísticas para tratamentos de dados. | Promodel, Arena, Automod     |
| 4       | Simuladores interativos e inteligentes                 | A tendência aponta para simuladores interativos e inteligentes, nos quais serão utilizadas técnicas de realidade virtual, inteligência artificial e sistemas especialistas.  | ----                         |

Tabela 3.2 - Quadro Ilustrativo da Evolução dos Softwares de Simulação

Basicamente, pode-se dizer que um modelo pode ser construído a partir de uma linguagem de propósito geral ou em cima de uma linguagem específica de simulação, porém existem diversos níveis de linguagens específicas, cuja evolução se estende na direção de uma linguagem de fácil programação, mas flexível o bastante para permitir a representação de sistemas complexos como por exemplo os sistemas de manufatura.

Algumas características marcantes são comuns à maioria dos produtos que disputam este rico mercado. Dentre elas citamos a busca de um ambiente de trabalho que seja o mais amigável possível, de preferência um aplicativo Windows, com facilidades para a modelagem, depuração, visualização da execução, análise estatística de resultados e geração de relatórios. Mas, sem dúvida, o que mais vende atualmente são os recursos de animação. Estes, vão desde simples implementações com símbolos gráficos (círculos, quadrados, etc..) piscando na tela e mostrando valores numéricos que descrevem o estado do sistema (tamanho de filas, por exemplo), até sofisticados recursos de animação 3-D que, obviamente, consomem muita memória e encarecem o produto.

Ainda com relação aos sistemas de animação, enquanto a maioria dos sistemas (Ex: Arena<sup>®</sup>, ProModel<sup>®</sup>, Automod<sup>®</sup>, Taylor<sup>®</sup>) permitem a visualização da simulação em "tempo real", ou seja, enquanto ela roda, outra opção é o uso de um animador "off-line", onde um programa animador lê os dados de um arquivo texto, gerado por uma rodada de simulação anterior, e, com base nestes dados mais um arquivo de *layout*, possibilita uma visualização animada da simulação (PROOF Animation e Cinema).

Outra característica marcante em alguns novos produtos, diz respeito à etapa de modelagem/programação. Neste caso, dispõe-se geralmente de uma vasta biblioteca de blocos de modelagem/programação que são selecionados, posicionados e conectados via mouse. Cabe ainda ao usuário preencher os dados adicionais necessários, em janelas associadas a cada um destes blocos. Porém, numa aplicação real, o usuário sempre terá alguma programação a fazer, neste caso podem surgir dificuldades práticas, pois o usuário poderá ser obrigado a decifrar um código de simulação gerado na linguagem específica do aplicativo e saber como fazer as alterações necessárias. Em geral, esta intervenção requer um grau de conhecimento do software que vai muito além do conhecimento dos blocos básicos de modelagem/programação.

#### *A Simulação Utilizando o Promodel<sup>®</sup>:*

O ProModel<sup>®</sup> utiliza o ambiente Windows e apresenta facilidades para a modelagem, depuração, visualização da execução, análise estatística de resultados e geração de relatórios, assim como a maioria dos softwares disponíveis. Uma

característica importante é facilidade na definição de cenários para o sistema estudado, possibilitando a simulação simultânea e a comparação dos resultados obtidos.

A definição dos elementos do sistema no Promodel<sup>®</sup> é feita simultaneamente no *layout* e em tabelas, sendo que nestas são definidas também todas as propriedades destes elementos. Existe também uma tabela exclusiva para o processo, ou seja, para determinar o roteamento das entidades dentro do sistema. A programação além disso é feita em campos próprios e utiliza uma linguagem simples, parecida com a linguagem C. Possui também uma interface OLE, que permite a integração direta dos dados com qualquer outro aplicativo OLE - Object Linking and Embedding.

O 'SimRunner' desenvolvido pela Decision Sciences, Inc., trabalha diretamente com o ProModel<sup>®</sup> para fazer otimizações nos modelos feitos no ProModel<sup>®</sup>. O SimRunner aceita parâmetros que podem ser alterados num modelo feito no ProModel<sup>®</sup> e sobre os quais se tem controle, e aceita funções-objetivo para maximização ou minimização (com fatores de ponderação para cada função), e roda automaticamente múltiplos cenários no ProModel<sup>®</sup> para atingir uma solução ótima baseada nas funções-objetivo.

## 4- O Sistema de Fabricação Estudado

### 4.1. Introdução

A fábrica objeto do estudo é uma unidade de uma empresa manufatureira do setor metal-mecânico, pertencente a um grupo multinacional, líder mundial do segmento de componentes hidráulicos e pneumáticos. Tal unidade sofre competição dentro e fora do Brasil, e até dentro do próprio grupo, estando completamente envolvida no processo de globalização. Exatamente por isso é muito importante que a mesma tenha mecanismos de avaliação de desempenho eficientes, à luz dos quais seja possível tomar decisões acertadas na direção de alcançar uma vantagem competitiva em relação aos concorrentes.

As modificações estruturais que aconteceram nos últimos anos na unidade de Santa Catarina tiveram tamanho sucesso que ela já é considerada no grupo uma fábrica que atingiu o padrão mundial. Além disso, a empresa possui uma história de melhoramento contínuo e de certificação ISO 9001, estando seu sistema de manufatura no caminho do que poderíamos chamar de “Manufatura Enxuta”.

### 4.2. Contextualização da Empresa

A empresa produz componentes hidráulicos voltados para a automação industrial, como bombas e válvulas, tendo um volume de produção de 13.000 produtos/mês. Com cerca de 100 funcionários e um faturamento mensal de R\$ 1.100.000,00 pode ser enquadrada como uma empresa de porte médio.

Basicamente, esta unidade industrial trabalha com itens de série (ou de prateleira), embora aceite produtos especiais, com personalização principalmente no que tange à interface com outros equipamentos. Esta estratégia permite fazer com que a flexibilidade seja um diferencial competitivo. Por outro lado, a natureza dos produtos impõe um patamar mundial em relação a custo, qualidade e pontualidade que, se não atingido, inviabiliza a empresa de competir no mercado. Tais características de mercado favorecem a produção em lotes e o arranjo físico em células de fabricação.

### 4.3. A Estrutura em Mini-Fábricas

Para melhor administrar a produção, foram criadas três mini-fábricas, cada uma dedicada a um tipo específico de produto (bombas, válvulas direcionais e válvulas não-direcionais). Dentro de cada mini-fábrica, encontra-se áreas de usinagem, de montagem e teste e operações especiais como pintura e fosfatização. Exceto as áreas de montagem e teste, as operações estão dispostas em células de manufatura, e cada uma destas células fabrica um ou mais componentes conforme similaridade no processo de fabricação.

Embora as decisões estratégicas sejam de responsabilidade da gerência geral da fábrica, as decisões táticas e operacionais são tomadas internamente nas mini-fábricas, pela chefia local, demonstrando um certo grau de descentralização na empresa. As mini-fábricas 1 e 2 (MF1 E MF2) possuem o mesmo chefe, porém trabalham de forma independente uma da outra. As áreas de apoio, tanto industrial como administrativa, prestam serviço a todas as mini-fábricas, sendo que cada uma possui também uma chefia local. A relação entre estas áreas pode ser melhor visualizada no organograma a seguir (figura 4.1).

A autonomia do chão-de-fábrica permitiu o estudo isolado de uma das mini-fábricas (MF3) como sendo um sistema de manufatura com suas diversas relações de entrada e saída com o mundo exterior.

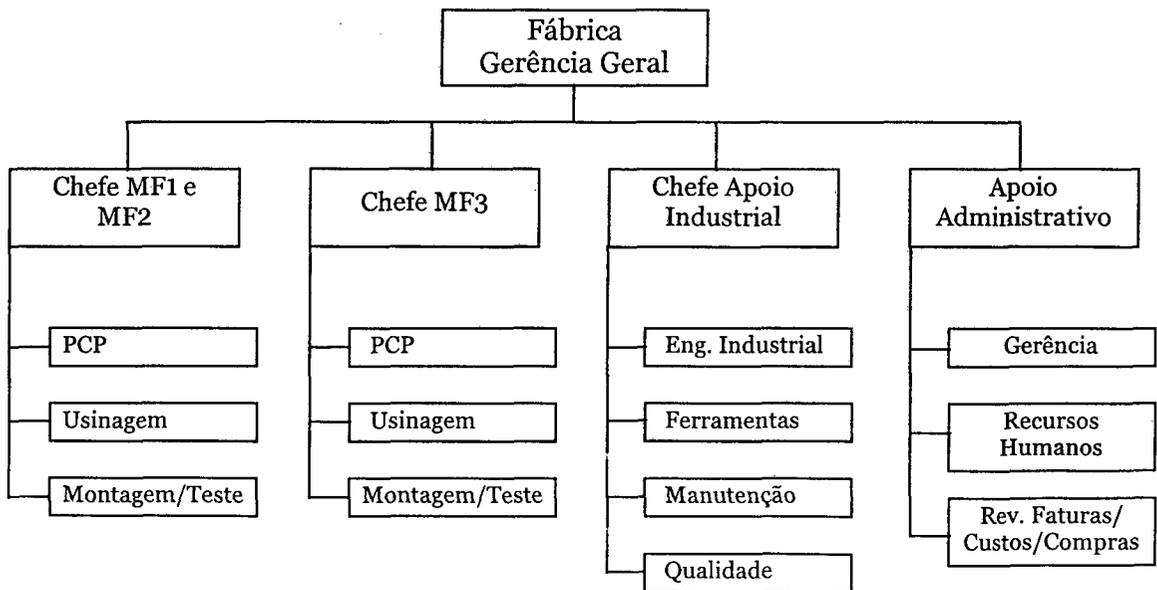


Figura 4.1 – Organograma da Fábrica

## 4.4. A Mini-Fábrica 3

### 4.4.1. Produtos

Como característica marcante a empresa como um todo possui uma grande variedade de produtos, resultado do grande número de opções oferecidas aos clientes. No entanto, pelo menos no que diz respeito a mini-fábrica 3, essa diversidade se apresenta na forma de pequenas modificações em cima de produtos-base, formando famílias de produtos, com similaridades no processo de fabricação. São ao todo aproximadamente 10.000 produtos diferentes, resultado da combinação de cerca de 330 componentes fabricados na própria mini-fábrica.

A mini-fábrica 3 monta, basicamente, duas configurações de um mesma classe de produtos (bombas hidráulicas), que tem algumas características de funcionamento bastante diferentes, bombas de engrenagens e bombas de palhetas. As bombas de engrenagens são montadas a partir de 6 componentes fabricados (figura 4.2), entre outros menores, que são comprados. Já as bombas de palhetas possuem somente 3 componentes usinados na fábrica (figura 4.3). É importante salientar que alguns destes componentes fabricados fazem a interface entre o produto e o sistema aonde este será instalado, como por exemplo conexões das mangueiras e flanges de fixação, e por isso são oferecidas diversas opções de formas, que juntamente com as diferentes opções de tamanhos nominais, vão compor uma ampla gama de produtos finais.

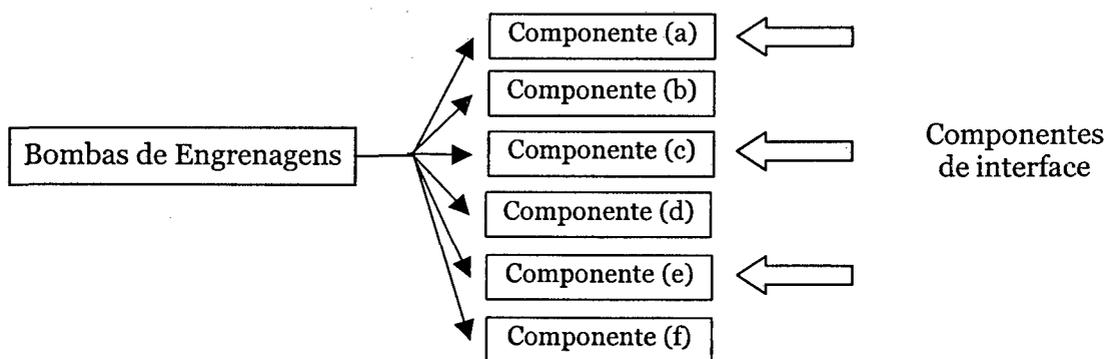


Figura 4.2 – Composição dos produtos (bombas de engrenagens)

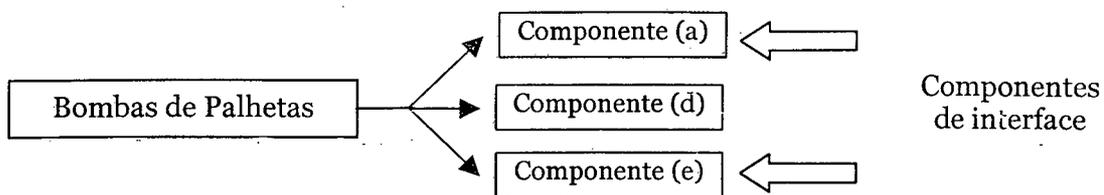


Figura 4.3 – Composição dos produtos (bombas de palhetas)

Com relação ao tipo de construção da bomba de engrenagem, existe uma divisão em três tipos, aqui chamados de bombas do tipo A, B e C. Entre estes tipos, a diferença básica é o tamanho, que remete as faixas de operação em que este produto será usado. Já entre os produtos de um mesmo tipo, as diferenças existem em função de diferentes opções de tamanhos nominais e componentes de forma, de escolha do cliente. Ao todo somam aproximadamente 150 diferentes configurações do tipo A, 130 do tipo B, 50 do tipo C e ainda 60 variações de bombas de palhetas. O diagrama abaixo mostra as ramificações possíveis para os produtos na mini-fábrica 3 (figura 4.4).

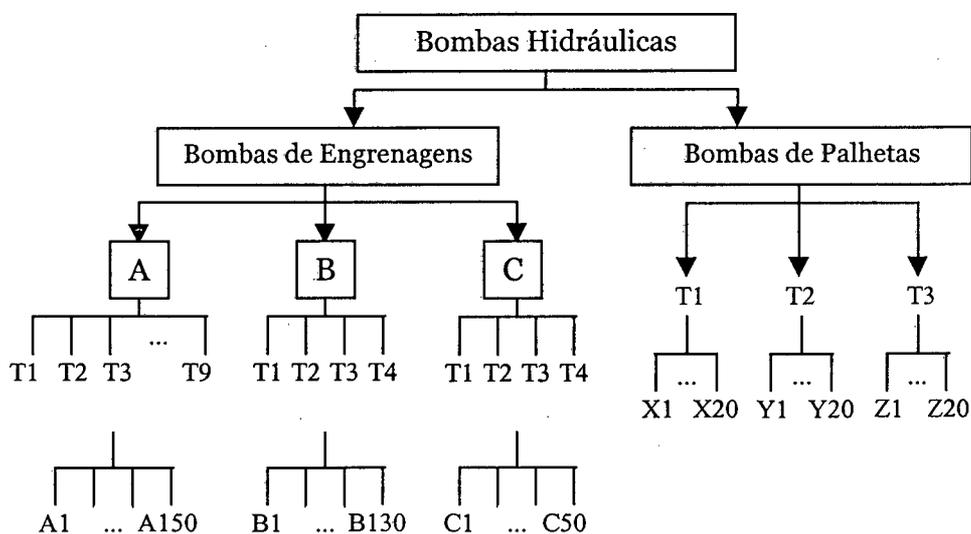


Figura 4.4 – Configuração Atual dos Produtos da Mini-Fábrica 3

#### 4.4.2. Recursos

**Instalações:** A fábrica funciona em uma planta projetada recentemente, com todos os atributos de uma fábrica moderna, de 8.000 m<sup>2</sup>, em um local com condicionamento de ar, extremamente limpo, onde não só são satisfeitos os requisitos de engenharia como também pode ser considerada um agradável ambiente de trabalho para seus colaboradores.

**Equipamentos:** Quanto a tecnologia de processo utilizada, pode-se caracterizar o sistema estudado (mini-fábrica 3) como sendo um centro automatizado isolado (categoria definida por SLACK et al., 1991), ou seja, somente as máquinas-ferramenta são automatizadas (CNC). A movimentação na fábrica é feita pelos próprios operadores, manualmente ou com a ajuda de uma empilhadeira.

**Sistema de Informação:** Existe um sistema de armazenamento de informações da empresa, onde é possível obter dados sobre o projeto dos produtos, os planos de processo, dados sobre os custos, produção diária dos componentes e montagem dos produtos, histórico dos índices de avaliação de desempenho entre outras informações importantes. Trata-se de um banco de dados que disponibiliza as informações através de uma rede local interna da empresa. Todas as áreas da fábrica tem acesso e realmente utilizam este sistema, que tem a função de integração das diversas atividades na fábrica e facilitar a comunicação.

Com base nas informações disponibilizadas em rede, opera um sistema *kanban*, que serve de sistema de informação de ordens de fabricação. É o sistema *kanban* que informa o que deve ser produzido, a respectiva quantidade e com qual prioridade em relação as outras ordens previstas. O número de *kanbans* necessários e a prioridade destes em cada célula de fabricação são decisões tomadas pelo pessoal do PCP de cada mini-fábrica com base nas informações de demanda prevista para os próximos meses. Estas mesmas informações são utilizadas para programar a compra dos componentes comprados, em um sistema MRP apoiado por um software ainda em fase de implantação e treinamento.

**Mão-de-obra:** Os operadores nas células de fabricação seguem a filosofia de multi-funcionalidade, portanto são responsáveis pela limpeza, organização e principalmente pela qualidade do componente fabricado por eles, sendo que para isso eles dispõem de instrumentos de medição adequados. A responsabilidade de coordenar

o chão-de-fábrica diretamente é da seção de planejamento e controle da produção. Cabe aos dois funcionários e ao chefe da mini-fábrica monitorar o estoque de componentes, receber os pedidos, enviar ordens de montagem, monitorar o sistema *kanban* e definir as prioridades.

Com relação aos funcionários da mini-fábrica 3, cada uma das células de fabricação tem 2 responsáveis em cada turno (2 turnos), 2 funcionários na função de planejamento e controle, um gerente de mini-fábrica, e ainda 7 pessoas envolvidas na montagem, teste e embalagem dos produtos, totalizando 26 funcionários trabalhando diretamente na mini-fábrica. Este número pode variar pois além de poder haver realocações de funcionários entre as diversas áreas da mini-fábrica, isto pode ocorrer também entre as três mini-fábricas, alterando temporariamente o número total de funcionários da MF3.

#### **4.4.3. Projeto e Planejamento do Processo**

Pode-se dizer que a necessidade de se incluir um novo produto pode vir a partir de pedidos personalizados de novos clientes, ou então de modificações na forma ou estrutura do produto. A unidade de Santa Catarina não possui setor de projeto de produtos, porém o setor de apoio industrial se encarrega de criar novos planos de processo e desenvolver novos dispositivos de fixação para os possíveis componentes especiais necessários para montar os pedidos personalizados de alguns clientes.

#### **4.4.4. Processo Produtivo**

##### *Descrição*

Basicamente, o processo produtivo da mini-fábrica 3 consiste de quatro células de fabricação (denominadas internamente de ilhas de fabricação), um setor de montagem, teste e embalagem e um setor administrativo de planejamento e controle da produção. O pedido do cliente chega diretamente na seção de planejamento que envia uma ordem de montagem para a seção de montagem de bombas, onde estas serão montadas, testadas uma a uma e embaladas. A divisão da fabricação de componentes segundo um *layout* celular foi baseada nos tipos de componentes e na similaridade dos processos de fabricação.

A fabricação fornece os principais componentes utilizados na montagem dos produtos, porém os componentes menores como parafusos, buchas, arruelas são comprados de terceiros. O diagrama esquemático da figura 4.5 tenta representar o fluxo de material dentro da mini-fábrica 3. Na figura pode-se verificar que alguns tipos de componentes são fabricados totalmente na célula 1, outros na célula 2 e existem outros ainda que são usinados na célula 3 (desbaste), saem da fábrica para serem tratados termicamente e voltam para ser acabados na célula 4.

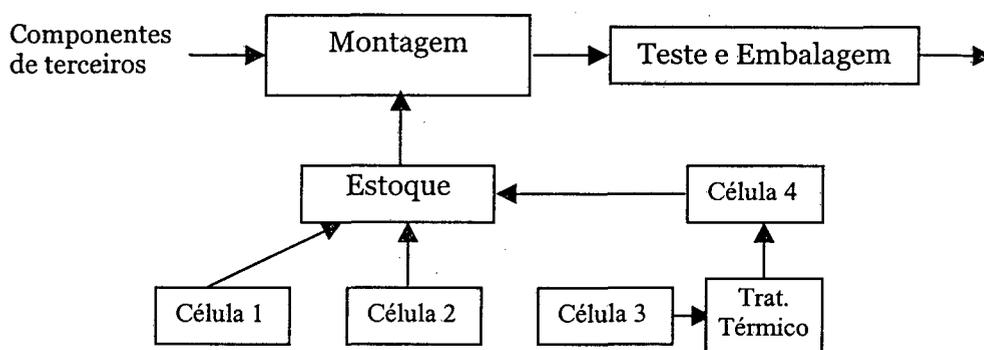


Figura 4.5 – Fluxo de Materiais na Mini-Fábrica 3

A célula 1 é composta por dois centros de usinagem, uma serra, uma máquina de acabamento e um tamboreador. Nela são fabricados cerca de 45 tipos de peças diferentes, já considerando os diferentes tamanhos. A maioria dos componentes fabricados tem seu tamanho de lote entre 50 e 100, com exceção de um dos itens, cujo tamanho de lote está por volta de 150 peças.

A célula 2 é a que produz a maior diversidade de peças em termos de formas, embora em termos de processo estas tenham sido consideradas semelhantes. São aproximadamente 50 itens, de diferentes formas e tamanhos. Esta ilha de fabricação possui um torno CNC, um centro de usinagem, um tamboreador e um fosfatizador. Esta célula trabalha com os maiores tamanhos de lote, chegando a 300 ou até 500 peças por *kanban*.

A célula 3 possui um torno CNC, um centro de usinagem, uma fresadora, uma fresadora de acabamento (shaving), uma máquina para fazer estriado e uma serra onde é cortada a matéria prima, que chega do fornecedor em forma de barra. Após passar por

duas ou mais destas máquinas, os componentes fabricados aqui seguem para tratamento térmico e enfim retornam passando então pela célula 4, de acabamento. Esta ilha possui uma lavadora, 5 retificadoras, cada uma com um propósito diferente, e ainda uma prensa. Os tamanhos de lote dos produtos fabricados nas células 3 e 4 não passam de 50 peças por *kanban*.

Já o setor de montagem e teste se divide em dois: um para montar bombas de engrenagens dos tipos A e B e outra para montar bombas do tipo C e bombas de palhetas. O primeiro trabalha com componentes menores e mais leves e o último com peças mais pesadas e maiores. Após a montagem dos produtos, estes são testados em bancadas no ponto de operação para verificar se respondem às especificações. Os produtos reprovados são desmontados, analisa-se as causas, que são documentadas, e então são remontados com novos componentes e novamente testados.

### ***Planejamento e Controle da Produção***

O planejamento e controle da produção segue o modelo “fazer-para-manter-estoque, montar-contrapedido”, também denominado “produção orientada para peças” (HITOMI, 1979), sendo que o nível máximo de estoque intermediário é controlado por um sistema *kanban* de um cartão. O número de *kanbans* circulando é atualizado de três em três meses segundo a média da demanda de cada um dos tipos de componentes, e não permite que o estoque de um determinado componente ultrapasse um limite (consumo de um, dois ou três meses, dependendo do tipo).

O *kanban* é representado por um cartão, anexado a bandeja (ou caixa) contenedora das peças, e a acompanha durante o trajeto estoque - célula de fabricação - estoque. Quando um dos *kanbans* mantido em estoque se esvazia, o próprio pessoal encarregado da montagem encaminha este *kanban* à célula de fabricação correspondente. Por sua vez quando um operário termina de fabricar uma ordem (representada pelo *kanban*), ele próprio se encarrega de levar de volta o *kanban* (agora cheio) para o estoque no setor de montagem.

Embora o transporte dos *kanbans* vazios seja função dos operários do setor de montagem, quem se ocupa com a ordenação dos mesmos na prateleira é o setor de planejamento e controle da produção. A disposição dos *kanbans* na prateleira de entrada na célula de fabricação segue etiquetas numeradas, que indicam a prioridade do mesmo no sistema naquele momento. Esta prioridade é definida em função da quantidade

faltante no estoque e é seguida pelos operários no momento em que é escolhida o próximo trabalho a ser feito.

Os pedidos na montagem também seguem uma ordem, definida a partir da urgência do mesmo tendo como parâmetros a data prometida de entrega e a data corrente. Pode-se dizer que as prioridades dos pedidos na fábrica são dirigidas de forma que se consiga melhorar os índices de desempenho monitorados na fábrica, ou seja, minimizar o atraso na entrega de pedidos (critério número de pedidos expedidos com atraso), maximizar o fluxo (critério de peças produzidas/funcionário produtivo) e diminuir o nível de estoques (critério rotatividade de estoques).

Ainda em relação ao planejamento e controle da produção, o modelo utilizado é um misto de MRP e JIT, isto porque usa o sistema *kanban* entre a montagem e as ilhas de fabricação para os itens que possuem uma demanda acima de um determinado limite e usa o sistema de emissão de ordens de fabricação para os itens especiais, com demanda muito baixa. O MRP também controla o estoque de materiais comprados de terceiros.

As variações bruscas de demanda dos diversos componentes de bombas fazem com que seja preciso manter os estoques na montagem altos, para servirem como amortecedores destas ondulações. Por sua vez, a variação na demanda é devida em parte a grande diversidade dos componentes fabricados (componentes personalizados para clientes), associados aos longos tempos de preparação de máquina (*setup*) que levam a longos tempos de espera em filas.

#### **4.4.5. Avaliação de Desempenho**

Este é um dos aspectos mais importantes de um sistema de manufatura enxuto, pois é preciso ter medidas que informem o desempenho da fábrica em diversos sentidos para que se possa comparar com valores objetivos e então tomar decisões corretivas e preventivas para aproximar essas medidas destas metas. Na empresa em questão, mensalmente é feito um controle de certos índices calculados na fábrica de modo a avaliar o desempenho da fábrica em relação aos índices históricos. Todos os índices são calculados separadamente para a mini-fábrica 3 e para as outras duas mini-fábricas (em conjunto). São eles:

Índice de Pontualidade – tem relação com os atrasos no atendimento dos pedidos aos clientes.

Medida: Número de pedidos entregues com atraso no mês.

Índice de Produtividade – diz respeito a relação quantidade produzida e as horas trabalhadas. Já incorpora a idéia do banco de horas estabelecido na empresa.

Medida: Número de bombas produzidas no mês / horas-presença do mês.

Índice de Qualidade (Usinados) – avalia a qualidade a partir do número de refugos ocorridos nas áreas de usinagem.

Medida: Porcentagem de peças boas produzidas no mês em relação ao total de peças usinadas no mesmo mês.

Índice de Qualidade (Produtos) – avalia a qualidade dos produtos finais, a partir do número de bombas reprovadas no teste.

Medida: Porcentagem de produtos aprovados no teste no mês em relação ao total de produtos testados no mesmo mês.

Índice de Manutenção Corretiva – Avalia o tempo útil gasto com manutenção de máquinas e equipamento quebrados.

Medida:  $100 - (\text{porcentagem de tempo gasto com manutenção corretiva no mês em relação às horas disponíveis no mesmo mês})$ .

Índice de Rotatividade de Estoque – diz respeito a relação entre os estoques e o que foi produzido.

Medida:  $\text{Valor consumido no mês} * 12 / \text{Valor em estoque em determinado momento}$ .

Devido ao comprometimento com o melhoramento contínuo da empresa, os procedimentos na mini-fábrica 3, assim como no resto da fábrica, estão em constante mudança. Os resultados se traduzem em melhorias significativas em alguns dos índices acima citados e podem ser observados nas figuras 4.6 e 4.7. Como dado complementar, pode-se acrescentar que a média do Índice de Qualidade do Produto, para a mini-fábrica 3, no ano de 97 foi de 94,4%, consideravelmente superior à média constatada no ano de 98 (janeiro a novembro), que foi de 98,4%.

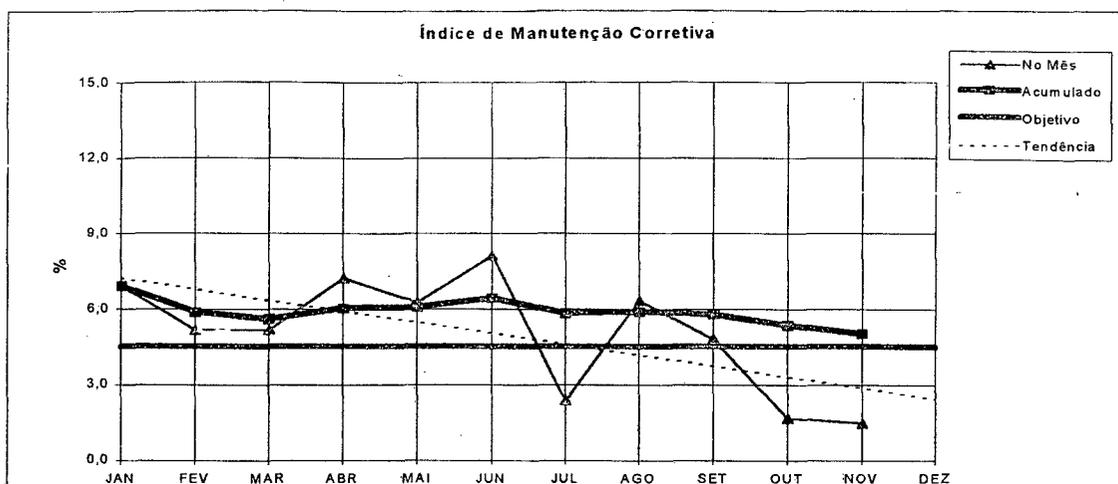


Figura 4.6 – Histórico do Índice de Manutenção Corretiva ao longo do ano de 1998

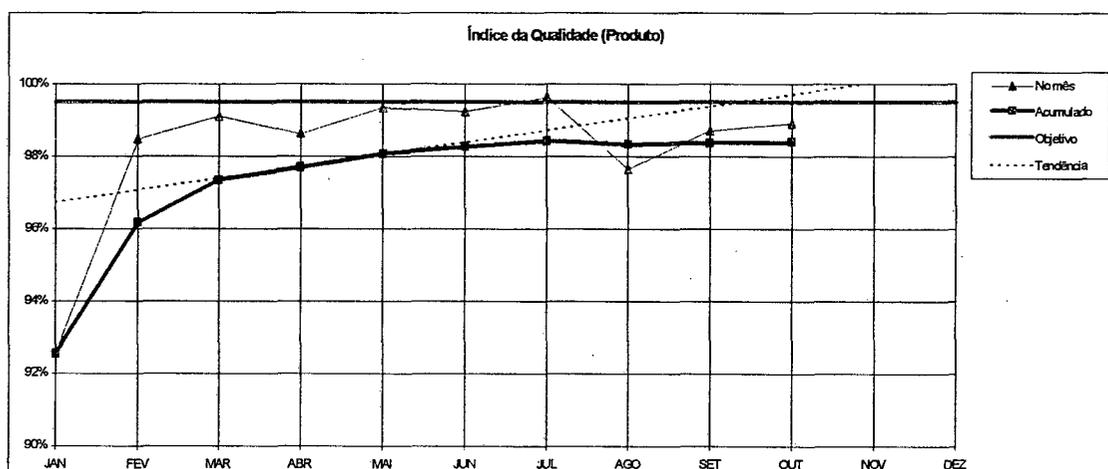


Figura 4.7 – Histórico do Índice de Qualidade (Produto) ao longo do ano de 1998

#### 4.5. A Empresa no Caminho da Manufatura Enxuta

Embora ainda existam muitos problemas a serem resolvidos na fábrica, a gerência e a maioria dos funcionários possuem uma visão de eliminação de desperdícios, além da limpeza e organização, manutenção preventiva, visibilidade e envolvimento da mão-de-obra direta, entre outras características que são típicas de um ambiente de Manufatura Enxuta.

Outra característica marcante é a busca pelo melhoramento contínuo do processo produtivo, haja visto as constantes mudanças na mini-fábrica 3, com destaque para as alterações no setup de algumas máquinas-ferramenta e modificações no *layout*. Embora algumas mudanças mais sutis possam ser feitas sem maiores danos à produtividade diária da fábrica, existem casos onde enganos podem trazer muito prejuízos à empresa e é exatamente nestas ocasiões que a simulação se torna necessária, a fim de trazer alguma garantia das conseqüências das mudanças nos custos e nos índices de desempenho da fábrica.

## 5- Modelagem e Simulação da Mini-Fábrica 3

### 5.1. Introdução

Este capítulo tem como objetivo descrever todo o trabalho de simulação tendo como objeto de estudo a mini-fábrica 3. O trabalho inicia com a definição dos objetivos a serem alcançados, segue com a modelagem do sistema e por fim são apresentados e analisados os resultados da simulação que validam o modelo construído.

### 5.2. Definição dos Objetivos

É conveniente lembrar que o objetivo desta dissertação é comprovar a importância da ferramenta de simulação na análise de sistemas de manufatura altamente mutantes, como no caso da Manufatura Enxuta. Para tanto, construiu-se um modelo de uma fábrica, cuja organização e funcionamento utilizam os princípios da Manufatura Enxuta. Este modelo deve mostrar-se uma ferramenta capaz de analisar os efeitos das mudanças organizacionais no desempenho do chão-de-fábrica.

Com base nas dúvidas e reclamações observadas no chão-de-fábrica, foram identificados alguns fatores-chave, alvos de importantes decisões, cujas conseqüências para a empresa devem ser bem conhecidas, visto que geralmente estão ligadas a custos e novos investimentos. Estes fatores são:

Tempo de preparação de máquina – a mini-fábrica 3 trabalha com tempos de *setup* razoavelmente altos, que aos poucos vem sendo reduzidos. A minimização destes tempos permitiria tamanhos de lote menores, facilitando o manuseio do *kanban*, aumentando a flexibilidade e a agilidade do sistema como um todo. Para isto, seria preciso investir na compra de novos dispositivos que permitam a troca rápida de ferramenta, passando estes tempos de horas para minutos.

Capacidade do *kanban* – Intimamente ligado com o item anterior, a redução do *kanban* aumenta a agilidade da fábrica, reduzindo em grande parte o tempo de atravessamento das peças (tempo de reposição do *kanban*).

Número de funcionários – a fábrica enxuta trabalha com um número mínimo de funcionários, desde que esta possua capacidade para responder à demanda. O aumento

do número de funcionários aumenta a capacidade da célula de fabricação, porém representa custos adicionais com folha de pagamento.

Muitos outros aspectos poderiam ter sido considerados, porém estes foram escolhidos pela importância atual no contexto da mini-fábrica 3. O modelo da fábrica deve ser capaz de verificar a influência dos fatores acima citados no desempenho do chão-de-fábrica.

### 5.3. Construção de um Modelo Conceitual

Foi definido que o modelo abrangeria toda a Mini-Fábrica 3 e que o nível de detalhamento seria o de operações. Assim foram consideradas tanto as operações dentro de cada célula de fabricação como também as relações entre estas, a montagem e o PCP (figura 5.1). Os setores de apoio administrativo e industrial não foram representados, exceto pelo fato de que foi considerado o tempo gasto com a manutenção de máquinas.

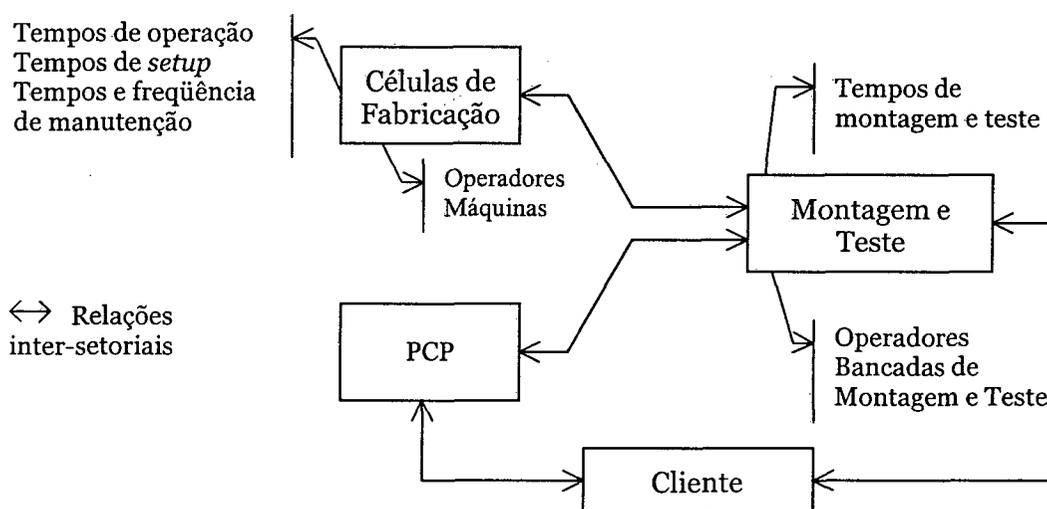
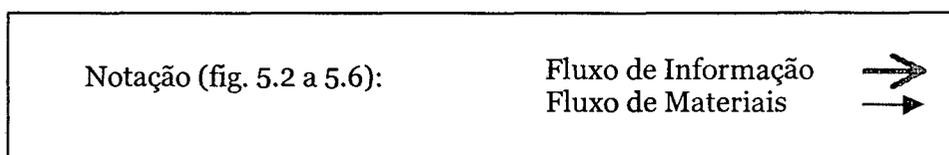


Figura 5.1 – Relações entre os Setores na Mini-Fábrica 3 e o que foi considerado em cada um deles

A partir da definição dos objetivos, e de uma primeira visita de reconhecimento do sistema, pudemos definir algumas suposições necessárias para a viabilidade do processo de simulação. Todo o cuidado foi tomado para que estas não descaracterizassem o sistema, tendo em vista os objetivos do trabalho. Estas suposições foram documentadas e aprovadas pelo pessoal envolvido na fábrica.

- Trabalhou-se no modelo com um conjunto menor de componentes e em consequência de produtos, porém esta atitude é justificável visto que a grande maioria destes outros componentes tem variações pouco significativas em termos de tempo em comparação com os produtos básicos
- O modelo não considera aspectos subjetivos na definição das prioridades em relação às ordens de montagem e os *kanbans* na fabricação
- Embora isto não seja absolutamente sempre verdade, foi considerado que todos os trabalhadores nas células de fabricação sabem operar todas as máquinas, conforme o princípio da multi-funcionalidade
- A matéria-prima para a fabricação de componentes foi considerada sempre disponível, não sendo levada em conta nos modelos das células
- Ainda dentro das ilhas de fabricação, algumas operações secundárias serão desconsideradas por seus tempos não serem realmente importantes no tempo total para a fabricação dos componentes

Com a ajuda dos operadores das células de fabricação e da área de montagem e do pessoal do PCP, foi iniciado um processo de definição do que seria o procedimento padrão na mini-fábrica 3. Este envolveria tanto a relação entre os setores como também as operações internas das ilhas de fabricação. Muitas entrevistas depois, definiu-se o procedimento (já descrito com detalhes no capítulo 4) e ao final desta fase foram construídos diagramas de blocos e fluxogramas que representam de forma concisa todo o funcionamento. Abaixo, a figura 5.2 representa o fluxo de material e de informações entre os setores no chão-de-fábrica, enquanto as figuras 5.3, 5.4, 5.5 e 5.6 são os diagramas de fluxo das células de fabricação.



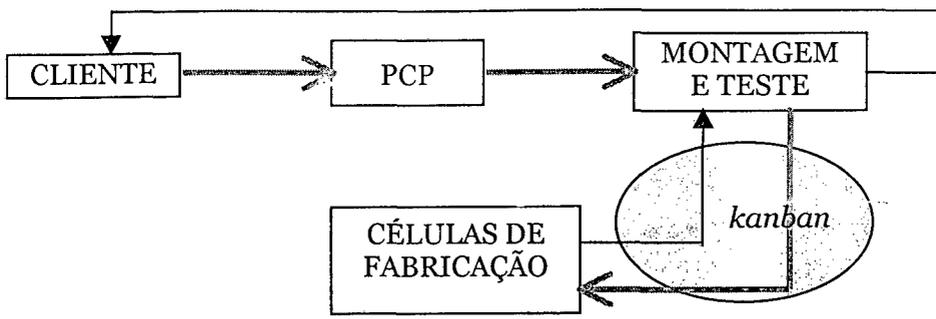


Figura 5.2 – Representação do Fluxo de Materiais e Informações na Mini-Fábrica 3

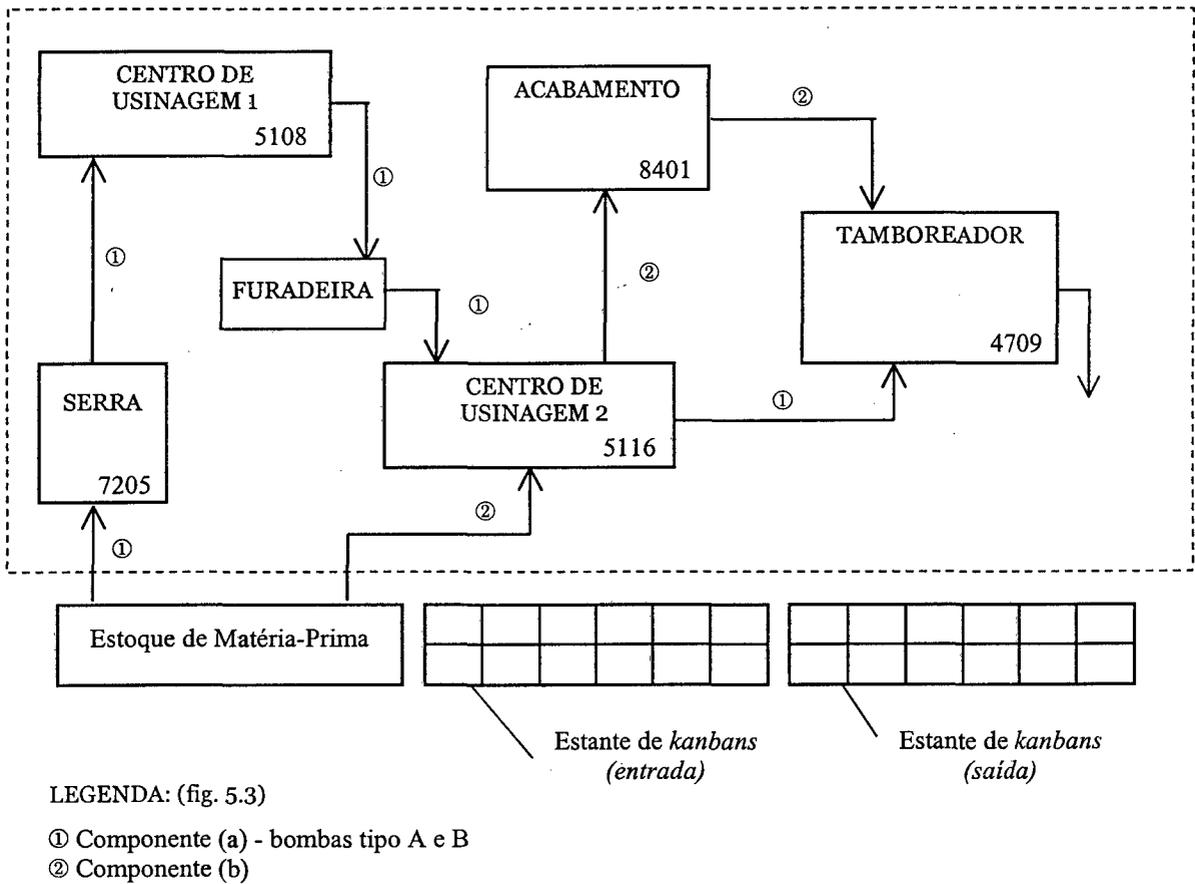


Figura 5.3 – Diagrama de Fluxo da Célula 1

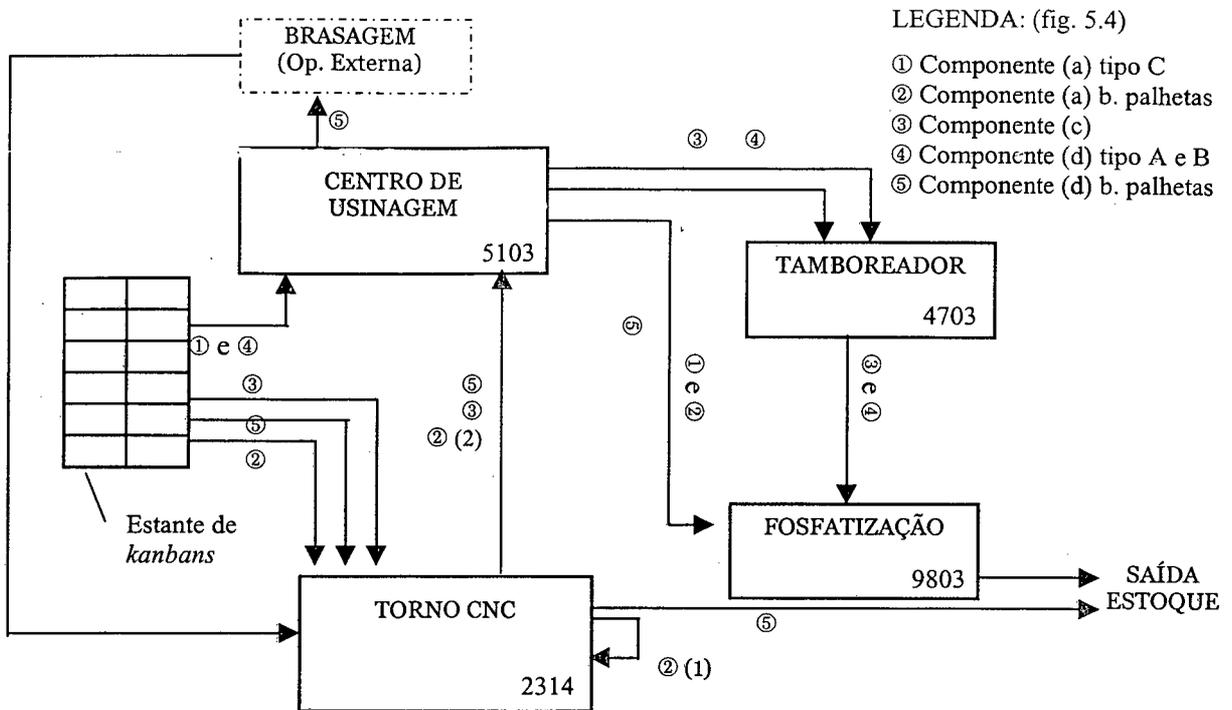


Figura 5.4 – Diagrama de Fluxo da Célula 2

Foi modelado o sistema *kanban*, juntamente com o critério de prioridades, com base na quantidade de cada componente disponível em estoque, como descrito no capítulo 4. Além disso, verificou-se que seria importante considerar os tempos e frequências de manutenção corretiva e a preparação de máquina. Foram também modelados os operadores, seus turnos e seus horários de descanso.

A figura 5.7 mostra o procedimento no setor de montagem de bombas de engrenagens dos tipos A e B. O procedimento no setor de montagem de bombas de engrenagens tipo C e de bombas de palhetas segue o mesmo fluxo da figura 5.7, incluindo porém uma operação de pintura nas bombas de palhetas depois do teste e antes da embalagem.

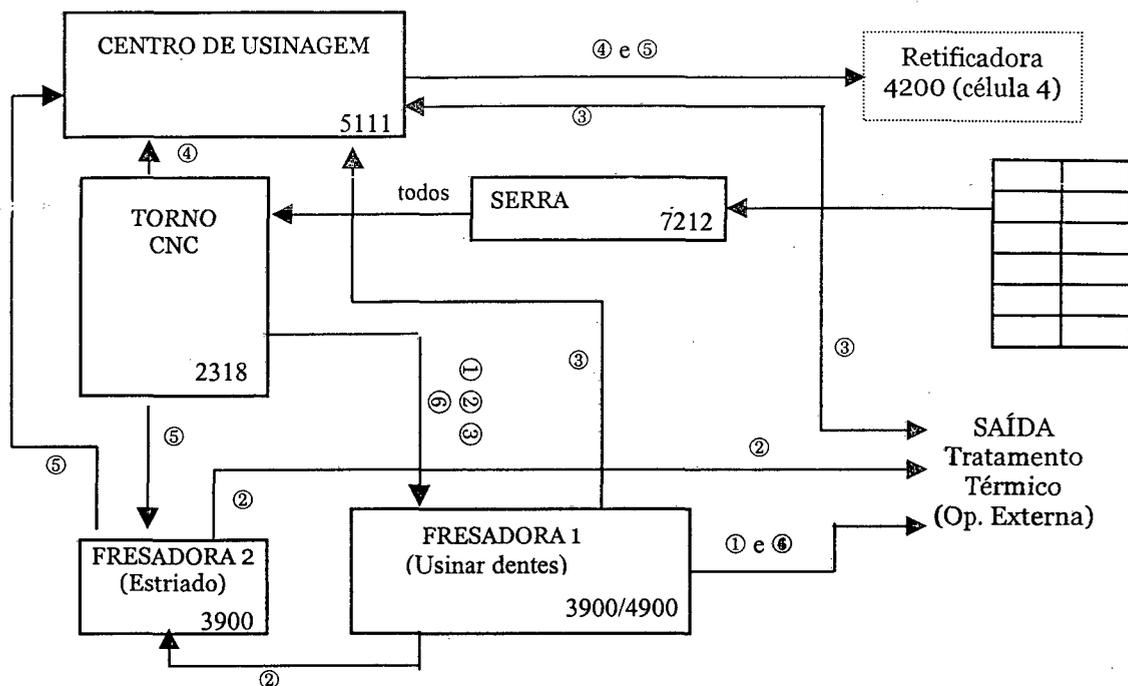


Figura 5.5 – Diagrama de Fluxo da Célula 3

LEGENDA:

- ① Componente (e) A1 B1 C1
- ② Componente (e) A2 B2 C2
- ③ Componente (e) A3 B3 C3
- ④ Componente (e) X1 Y1 Z1
- ⑤ Componente (e) X2 Y2 Z2
- ⑥ Componente (f) A, B e C

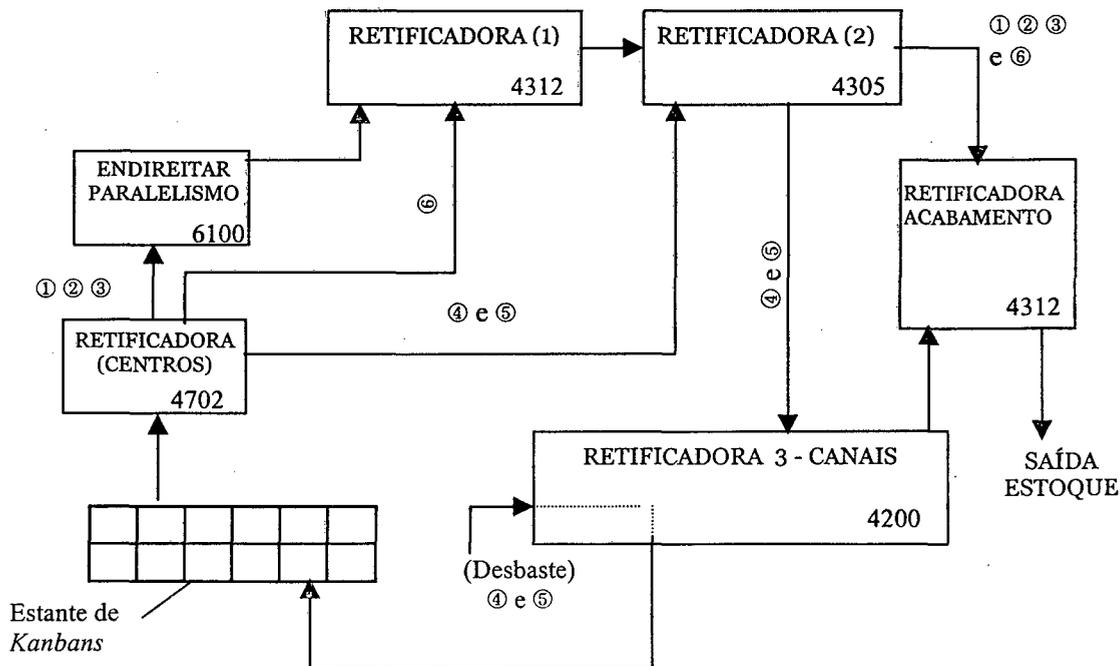


Figura 5.6 – Diagrama de Fluxo da Célula 4

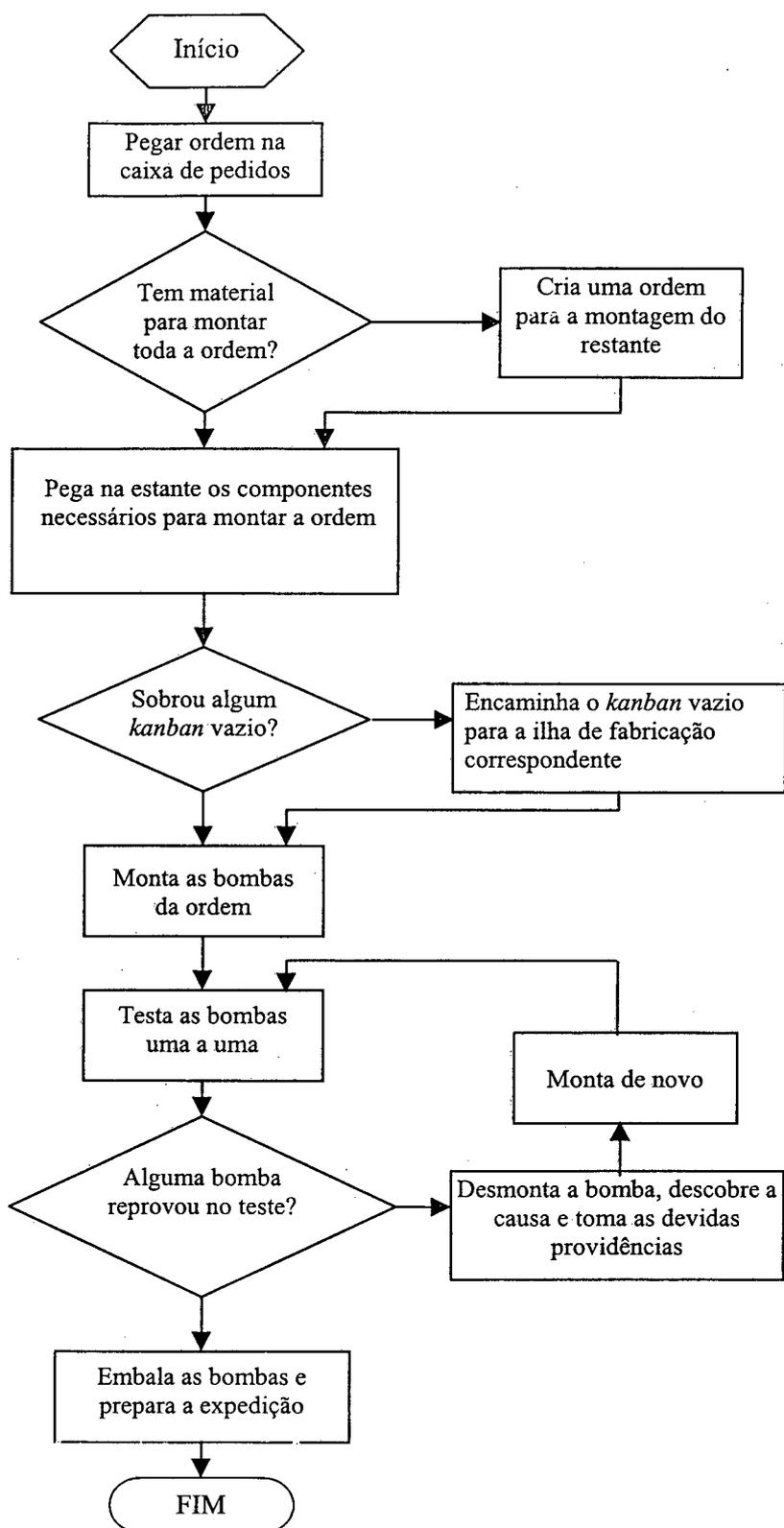


Figura 5.7 – Fluxograma da Ilha de Montagem da Mini-Fábrica 3

## 5.4. Coleta de Dados

A fábrica possui na área de apoio industrial um setor encarregado de coletar as informações na fábrica e trabalhar estes dados de forma a informar a administração e o pessoal do chão-de-fábrica dos resultados obtidos mensalmente. A existência desta função, a princípio, facilitou o trabalho no sentido da não necessidade da tomada de tempos de operação e de *setup* nas máquinas e da disponibilidade de alguns dados históricos dos índices de desempenho para validação do modelo. Entretanto, foi verificado mais tarde não haver um plano para a tomada destes tempos de operação, o que levou a problemas com a aleatoriedade dos mesmos e a pequena quantidade de informações adicionais (observações) que levaram algumas vezes a grandes variabilidades que foram traduzidas em distribuições com altos desvios.

Foram coletados dados sobre o sistema *kanban*, demanda, tamanho dos pedidos, os tempos de produção das peças, frequência de quebras de máquinas e o respectivo tempo de serviço, tempo de preparação de máquinas (*setup*), tempo de montagem e teste das bombas.

Além dos dados acima, necessários para a construção do modelo, foram coletados outros para a posterior validação do modelo, como exemplo pode-se citar informações sobre a demanda da mini-fábrica, tamanho dos pedidos, históricos dos índices de desempenho da fábrica e tempo de reposição do *kanban*.

### *Sistema kanban:*

Conforme descrito no Capítulo 4, o tamanho e a quantidade de *kanbans* circulando no sistema dependem da demanda média calculada durante os últimos três meses e da capacidade do *kanban*: limite máximo de peças por *kanban*.

Exceto para os componentes (b) e (d) dos tipos A e B de bombas (meio mês), todos os outros componentes trabalham com estoque máximo de dois meses. Isto significa que: calcula-se a demanda média do componente nos últimos três meses, multiplica-se este valor por dois (dois meses), e divide-se este valor pela capacidade do *kanban*. Desta forma, temos que a quantidade de *kanbans* é obtida por esta divisão e o tamanho do *kanban* é um número menor que a capacidade de forma que a divisão seja exata.

A capacidade do *kanban* para cada um dos componentes é dada pela tabela 5.1.

| Componente | Tipo     | Capacidade |
|------------|----------|------------|
| (a)        | A        | 48         |
| (a)        | B        | 48         |
| (a)        | C        | 48         |
| (a)        | X, Y e Z | 100        |
| (b)        | A e B    | 150        |
| (c)        | A        | 300        |
| (c)        | B        | 100        |
| (c)        | C        | 50         |
| (d)        | A e B    | 500        |
| (d)        | X, Y     | 100        |
| (e) e (f)  | A, B e C | 48         |
| (e)        | X        | 48         |
| (e)        | Y, Z     | 24         |

Tabela 5.1 - Capacidade do *kanban*

#### *Demanda:*

Foram obtidos dados reais de demanda para a mini-fábrica, e estes foram transformados em valores de frequência de chegada de pedidos e quantidade de bombas por pedido, que foram posteriormente tratados e armazenados em planilhas Excel, para acesso através do software de simulação.

Para o tratamento dos dados coletados, a fim de encontrar distribuições adequadas para descrevê-los, foi utilizado o módulo estatístico do Promodel, o Stat-Fit. Com este programa é possível obter os histogramas dos conjuntos de dados, assim como realizar testes estatísticos de aderência (como Chi-quadrado e Kolmogorov-Smirnov) para descobrir qual a distribuição de probabilidade em que melhor se encaixam os dados.

#### *Tempos de Processo e Setup:*

Dada a quantidade de tipos de peças diferentes e a quantidade de máquinas, obteve-se um grande número de curvas de distribuição de probabilidade, e pode-se dizer que a maioria delas seguiu a tabela 3.1 (ver Capítulo 3) no que diz respeito aplicação de

cada uma das curvas. Os tempos de processo seguiram como esperado a distribuição normal, assim como os tempos de preparação de máquina. Já a frequência de quebra das máquinas e o tempo de serviço da manutenção corretiva se aproximaram de uma curva Weibull, como previsto na literatura. Em todos os casos foi considerado um nível de significância de 0.05, ou seja, um grau de confiança de 95%.

Devido a aproximação dos desvios-padrão encontrados nas amostras de tempo das máquinas na mesma célula de fabricação, definiu-se um desvio-padrão para a célula, supondo então que a habilidade do operador na tarefa de fixação da peça na máquina é igual para todas as máquinas do conjunto. Em alguns casos, devido a pouca informação ou a grande variabilidade dos dados aliada à falta de informações adicionais, não pôde-se enquadrar os dados em nenhuma distribuição. Nestes casos, tomou-se uma distribuição normal, considerando a média como sendo o valor mais provável ou a média das observações, e o desvio padrão da célula.

Abaixo, tem-se uma tabela onde é mostrado o conjunto de curvas obtidas para os tempos de processo e preparação obtidas para a mini-fábrica 3 (em minutos) (tabela 5.2). Os tempos de processo da tabela já incluem a chamada “permissão, isto é, considera uma porcentagem de tempo extra para descanso e necessidades pessoais do trabalhador durante o seu turno de serviço. Esta tolerância foi calculada 11,612% para o ambiente em estudo, utilizando as tabelas clássicas do estudo de tempos e métodos (ver BORBA, 1998).

| Componente                          | Máquina                   | Tempos de processo |        | tempos de <i>setup</i> |        | Obs.       |
|-------------------------------------|---------------------------|--------------------|--------|------------------------|--------|------------|
|                                     |                           | Média              | Desvio | Média                  | Desvio |            |
| Componente (a)<br>Tipo A e B        | C. Usinagem 1<br>célula 1 | 6.08               | 0.5    | 350                    | 30     |            |
| Componente (a)<br>Tipo A e B        | C. Usinagem 2<br>célula 1 | 3.5                | 0.5    | 400                    | 30     |            |
| Componente (a)<br>Tipo A e B        | Tamboreador<br>Célula 1   | 10.0               | ---    | 0                      | ---    | p/8 peças  |
| Componente (b)<br>Tipo A e B        | C. Usinagem 2<br>célula 1 | 1.7                | 0.5    | 135                    | 30     |            |
| Componente (b)<br>Tipo A e B        | Acabamento<br>célula 1    | 0.8                | 0.5    | 0                      | ---    |            |
| Componente (a)<br>Tipo A e B        | Tamboreador<br>Célula 1   | 10.0               | ---    | 0                      | ---    | p/21 peças |
| Componente (a)<br>Tipo C            | C. Usinagem<br>célula 2   | 54.65              | 0.8    | 362                    | 100    |            |
| Componente (a)<br>b. palhetas TN 12 | Torno célula 2            | 10.3               | 0.8    | 119                    | 60     |            |
| Componente (a)<br>b. palhetas TN 25 | Torno célula 2            | 14                 | 0.8    | 119                    | 60     |            |

|                                      |                          |      |     |     |     |              |
|--------------------------------------|--------------------------|------|-----|-----|-----|--------------|
| Componente (a)<br>b. palhetas        | C. Usinagem<br>célula 2  | 24.7 | 0.8 | 362 | 100 |              |
| Componente (a)                       | Fosfatizador<br>Célula 2 | 5.0  | --- | 0   | --- | p/ 1 peça    |
| Componente (c)<br>Tipo A             | Torno célula 2           | 6.53 | 0.8 | 102 | 60  |              |
| Componente (c)<br>Tipo A             | C. Usinagem<br>célula 2  | 4.3  | 0.8 | 130 | 60  | P/ 4 peças   |
| Componente (c)<br>Tipo B             | Torno célula 2           | 8.0  | 0.8 | 124 | 60  |              |
| Componente (c)<br>Tipo B             | C. Usinagem<br>célula 2  | 6.2  | 0.8 | 130 | 60  | P/ 2 peças   |
| Componente (c)<br>Tipo C             | Torno célula 2           | 17.2 | 0.8 | 226 | 60  |              |
| Componente (c)<br>Tipo C             | C. Usinagem<br>célula 2  | 21.0 | 0.8 | 130 | 60  | P/ 1 peça    |
| Componente (d)<br>Tipo A e B         | C. Usinagem<br>célula 2  | 3.15 | 0.8 | 130 | 60  | P/ 4 peças   |
| Componente (d)<br>b. palhetas        | Torno célula 2           | 5.0  | 0.8 | 128 | 60  | 1ª ou 2ª op. |
| Componente (d)<br>b. palhetas        | C. Usinagem<br>célula 2  | 8.0  | 0.8 | 130 | 60  | P/ 1 peça    |
| Componente (c) e<br>(d)              | Tamboreador              | 6.0  | --- | 0   | --- | p/ 9 peças   |
| Componente (c) e<br>(d)              | Fosfatizador             | 5.0  | --- | 0   | --- | p/ 3 peças   |
| Componente (e)<br>Tipo A – A1        | Torno célula 3           | 5.0  | 0.8 | 58  | 25  |              |
| Componente (e)<br>Tipo A – A2        | Torno célula 3           | 3.22 | 0.8 | 58  | 25  |              |
| Componente (e)<br>Tipo A – A3        | Torno célula 3           | 4.41 | 0.8 | 58  | 25  |              |
| Componente (e)<br>Tipo B – B1        | Torno célula 3           | 7.06 | 0.8 | 58  | 25  |              |
| Componente (e)<br>Tipo B – B2        | Torno célula 3           | 4.4  | 0.8 | 58  | 25  |              |
| Componente (e)<br>Tipo B – B3        | Torno célula 3           | 5.91 | 0.8 | 58  | 25  |              |
| Componente (e)<br>Tipo C – C1        | Torno célula 3           | 7.51 | 0.8 | 100 | 25  |              |
| Componente (e)<br>b. palhetas TN 12  | Torno célula 3           | 5.0  | 0.8 | 100 | 25  |              |
| Componente (e)<br>b. palhetas TN 25  | Torno célula 3           | 7.83 | 0.8 | 100 | 25  |              |
| Componente (e)<br>b. palhetas TN 40  | Torno célula 3           | 11.7 | 0.8 | 100 | 25  |              |
| Componente (f)<br>Tipo A             | Torno célula 3           | 2.25 | 0.8 | 58  | 25  |              |
| Componente (f)<br>Tipo B             | Torno célula 3           | 2.9  | 0.8 | 58  | 25  |              |
| Componente (f)<br>Tipo C             | Torno célula 3           | 6.86 | 0.8 | 100 | 25  |              |
| Componente (e)<br>Tipo A TN 2-5      | Fresadora 1<br>célula 3  | 2.66 | 0.8 | 100 | 25  |              |
| Componente (e) (f)<br>Tipo A TN 8-12 | Fresadora 1<br>célula 3  | 4.04 | 0.8 | 100 | 25  |              |

|                                       |                            |           |     |      |    |        |
|---------------------------------------|----------------------------|-----------|-----|------|----|--------|
| Componente (e) (f)<br>Tipo A TN 16-22 | Fresadora 1<br>célula 3    | 5.52      | 0.8 | 100  | 25 |        |
| Componente (e) (f)<br>Tipo B          | Fresadora 1<br>célula 3    | 7.69      | 0.8 | 60   | 25 |        |
| Componente (e) (f)<br>Tipo C          | Fresadora 1<br>célula 3    | 10.2, 1.2 | 0.8 | 60   | 25 |        |
| Componente (e)                        | C. Usinagem<br>célula 3    | 3.0       | 0.8 | 60   | 25 |        |
| Componente (e)                        | Fresadora 2<br>célula 3    |           | --- | 50   | 25 |        |
| Componente (e)<br>Tipo A B e C        | Retificadora 1<br>célula 4 | 1.30      | 0.4 | 54.3 | 15 |        |
| Componente (e)<br>Tipo A B e C        | Retificadora 2<br>célula 4 | 1.0       | 0.4 | 47.0 | 15 |        |
| Componente (e)<br>b. palhetas         | Retificadora 3<br>célula 4 | 19.0      | 0.4 | 47   | 15 | 1ª op. |
| Componente (e)<br>b. palhetas         | Retificadora 3<br>célula 4 | 17.0      | 0.4 | 47   | 15 | 2ª op. |
| Componente (e)<br>b. palhetas TN 40   | Retificadora 3<br>célula 4 | 45.00     | 0.4 | 47   | 15 |        |

Tabela 5.2 – Tempos de Processo e Preparação na Mini-Fábrica 3

Para as operações externas, foi necessário levantar informações sobre o tempo, a partir da expedição, para que as peças estejam novamente disponíveis na fábrica para o posterior processamento. A partir de documentos de entrada e saída de material, obteve-se as seguintes curvas:

- Brasagem do componente (d) da bomba de palhetas: devido a pouca informação disponível, definiu-se uma distribuição uniforme (probabilidades iguais para todos os pontos), de mínimo 6 e máximo 14 (dias).
- Tratamento Térmico (componentes (e) e (f)): curva normal, com média 6.8 e desvio de 3.72 (dias).

*Tempos no setor de Montagem e Teste:*

Na ilha de montagem foram coletados dados de tempo nas diversas operações e verificou-se também curvas próximas à distribuição normal. Embora a montagem (e a embalagem das bombas seja feita simultaneamente para o mesmo pedido, os dados da tabela 5.3 referem-se aos tempos individuais (em minutos), obtidos pela divisão do tempo total pelo número de bombas montadas (e embaladas).

| Operação  | Bombas de engrenagens |        |       | Bombas de palhetas |  |
|-----------|-----------------------|--------|-------|--------------------|--|
|           | A e B                 |        | C     | X, Y e Z           |  |
|           | média                 | desvio | média | desvio             |  |
| Montagem  | 6.36                  | 1.0    | 16.2  | 2.0                |  |
| Teste     | 5.49                  | 1.0    | 10.0  | 1.0                |  |
| Pintura   | ---                   | ---    | 2.0   | ---                |  |
| Embalagem | 1.0                   | ---    | 1.0   | ---                |  |

Tabela 5.3 – Tempos das Operações na Ilha de Montagem

*Tempos na Manutenção:*

Com relação à manutenção das máquinas, foram coletados dados nos casos onde o histórico de quebras era significativo, embora seja possível simular o efeito de quebras de outras máquinas que não as listadas abaixo no desempenho do sistema, definindo um valor imaginário de frequência de quebra e tempo de serviço. No caso da mini-fábrica 3, utilizando o histórico de 1 a 2 anos de ocorrências, foram obtidas as seguintes curvas de distribuição de probabilidade referentes às variáveis frequência de quebra (em dias) e tempo de serviço para cada “máquina-problema” (em horas) (figuras 5.8 a 5.15):

*Célula 1*

Máquina: Centro de Usinagem 1

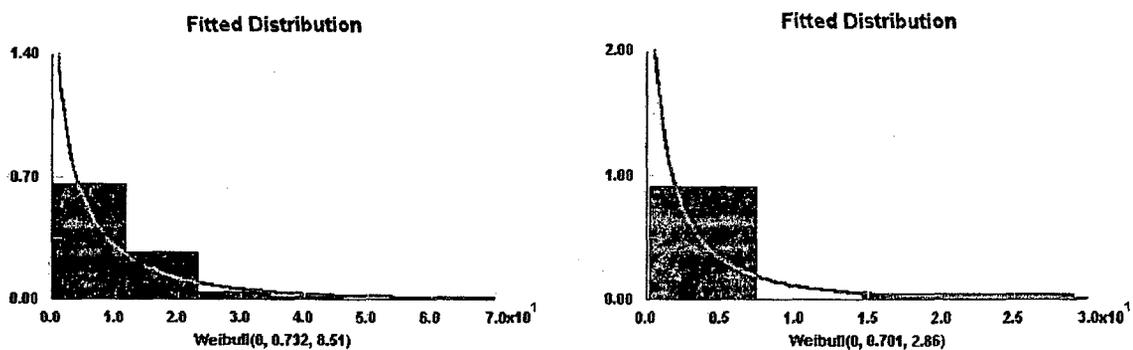


Figura 5.8 – Frequência de Quebra e Tempo de Serviço de Manutenção (C. Usinagem 1 – célula 1)

Máquina: Centro de Usinagem 2

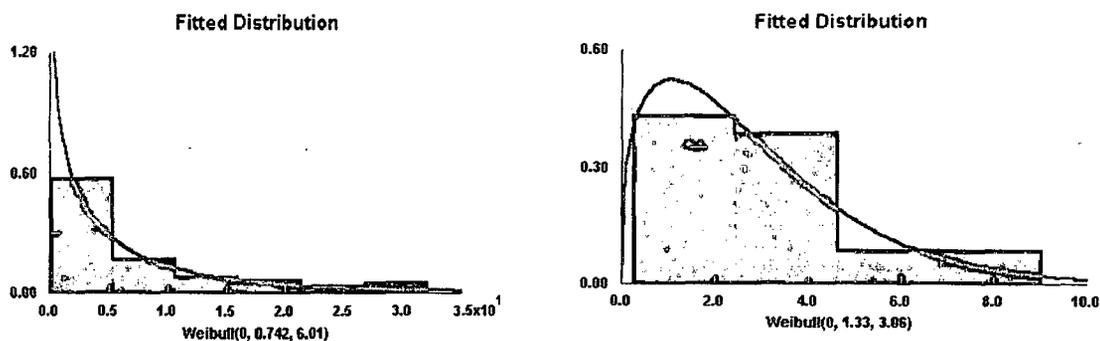


Figura 5.9 – Frequência de Quebra e Tempo de Serviço de Manutenção  
(C. Usinagem 2 – célula 1)

Célula 2

Máquina: Torno

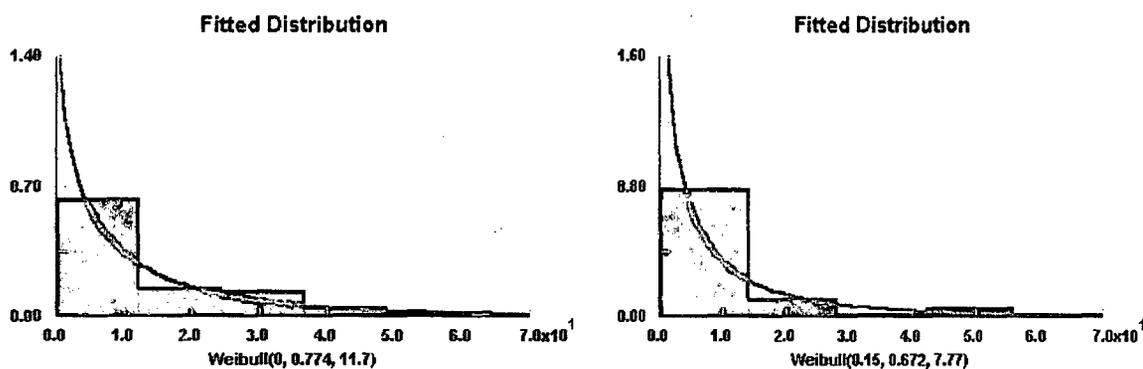


Figura 5.10 – Frequência de Quebra e Tempo de Serviço de Manutenção  
(Torno – célula 2)

Máquina: Centro de Usinagem

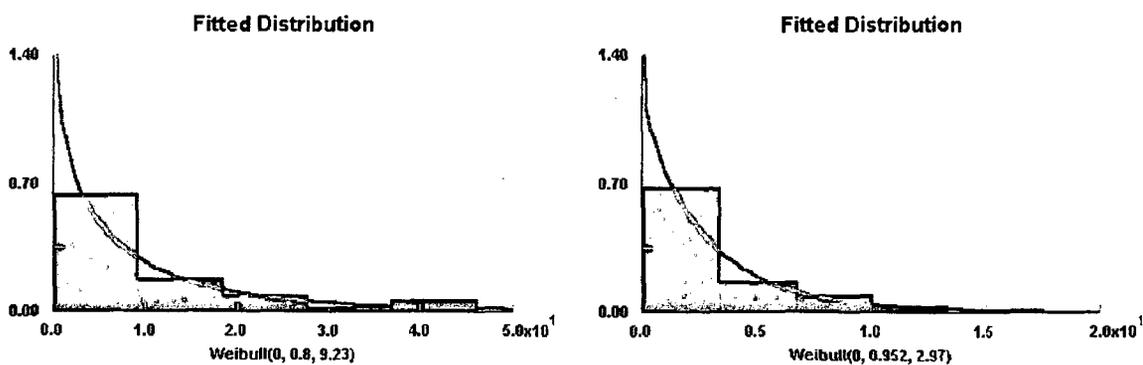


Figura 5.11 – Frequência de Quebra e Tempo de Serviço de Manutenção  
(C. Usinagem – célula 2)

## Célula 3

Máquina: Torno

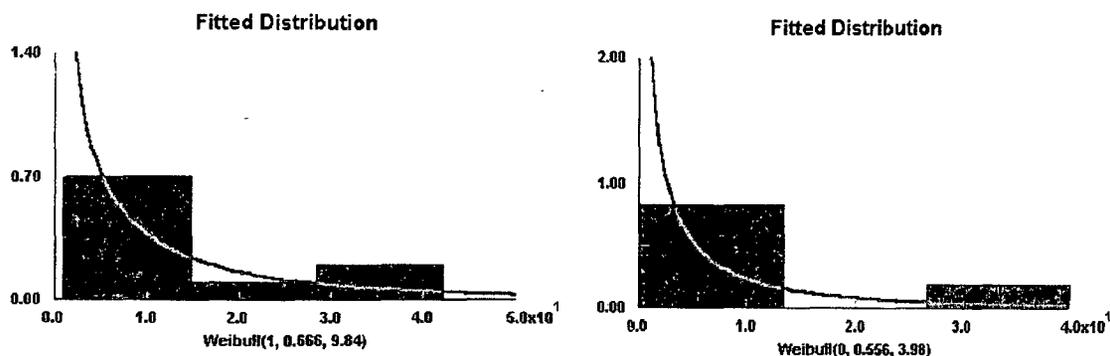


Figura 5.12 – Frequência de Quebra e Tempo de Serviço de Manutenção (Torno – célula 3)

Máquina: Fresadora

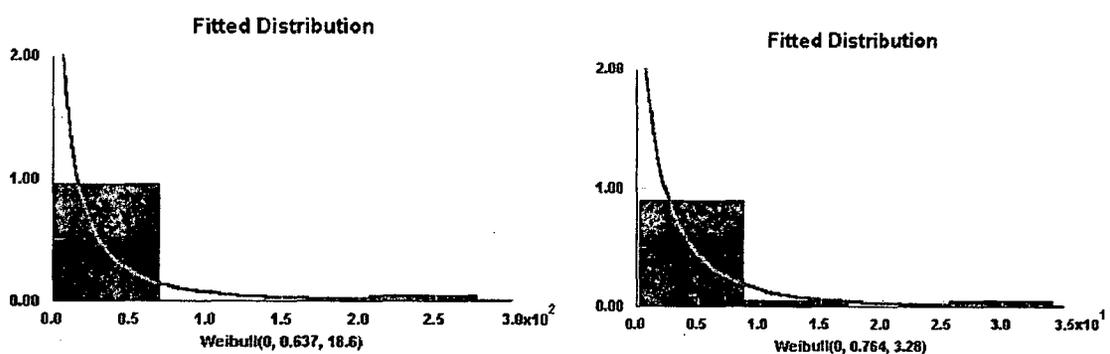


Figura 5.13 – Frequência de Quebra e Tempo de Serviço de Manutenção (Fresadora – célula 3)

## Célula 4

Máquina: Retificadora 1

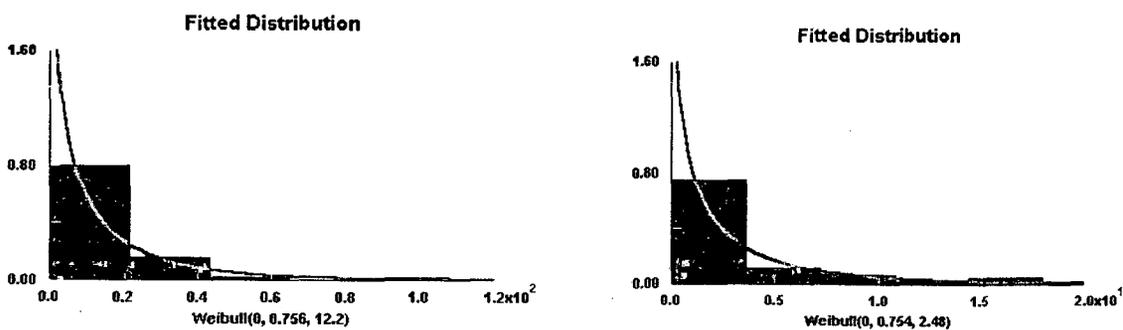


Figura 5.14 – Frequência de Quebra e Tempo de Serviço de Manutenção (Retificadora 1 – célula 4)

Máquina: Retificadora 2

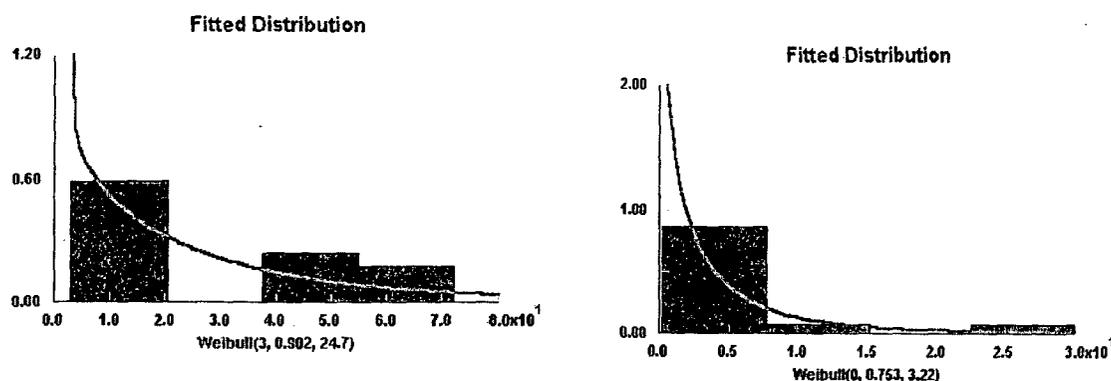


Figura 5.15 – Frequência de Quebra e Tempo de Serviço de Manutenção (Retificadora 2 – célula 4).

## 5.5. Codificação

A mini-fábrica 3 foi representada inicialmente por cinco modelos, que foram posteriormente fundidos para validação do trabalho. Estes consistiam em quatro submodelos representando as ilhas de fabricação (nível de máquina), e um modelo representando toda a mini-fábrica em um nível mais elevado (nível de células). Um recurso do programa de simulação chamado "Merge" foi usado para agregar os submodelos de fabricação ao modelo macro da mini-fábrica. O modelo final portanto é um modelo que representa toda a mini-fábrica 3, num nível micro, detalhando máquinas e componentes.

O funcionamento de cada ilha de fabricação e da ilha de montagem no modelo seguem a descrição e os fluxogramas já mostrados no capítulo anterior. A figura 5.16 apresenta o *layout* do fluxo principal da mini-fábrica, o dos pedidos (PCP-Montagem-Teste), enquanto as figuras 5.17 a 5.20 mostram o *layout* das células de fabricação.



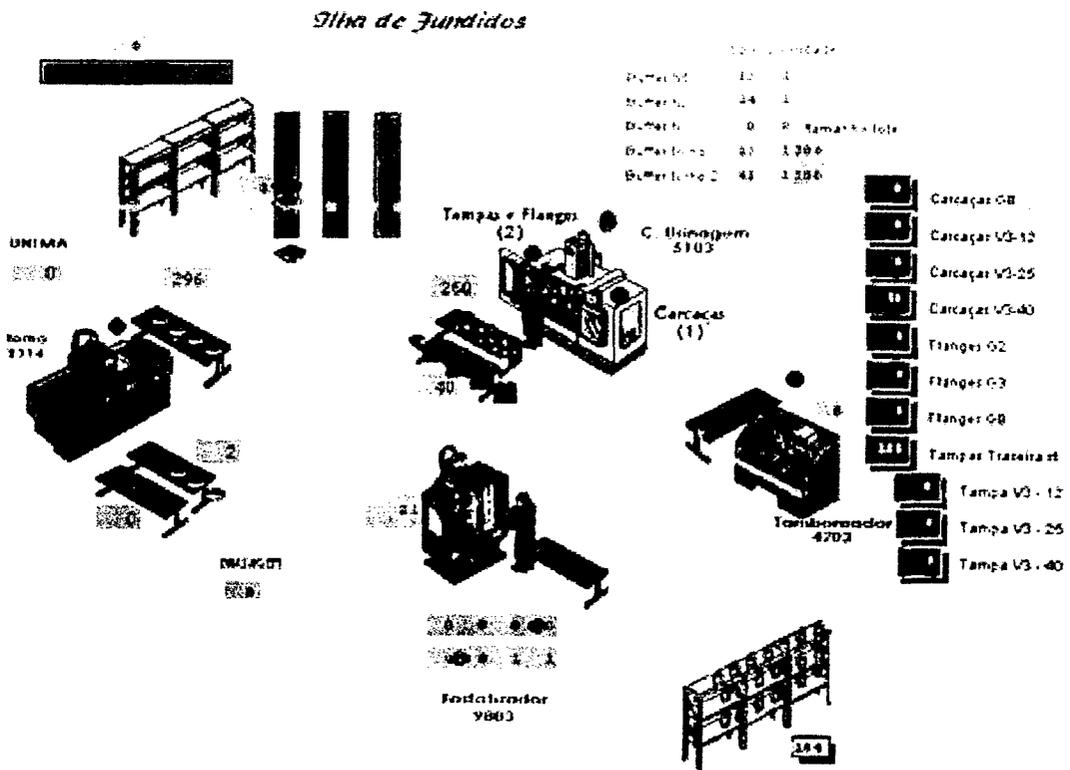


Figura 5.18 - Layout do Sub-modelo da Célula 2

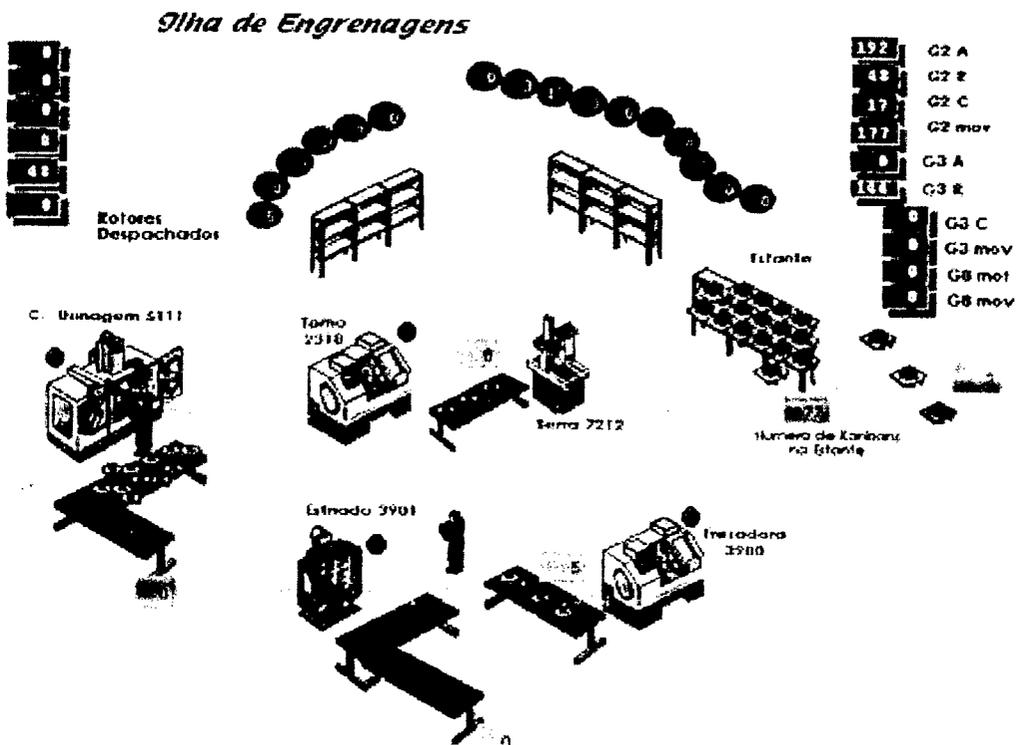


Figura 5.19 - Layout do Sub-modelo da Célula 3

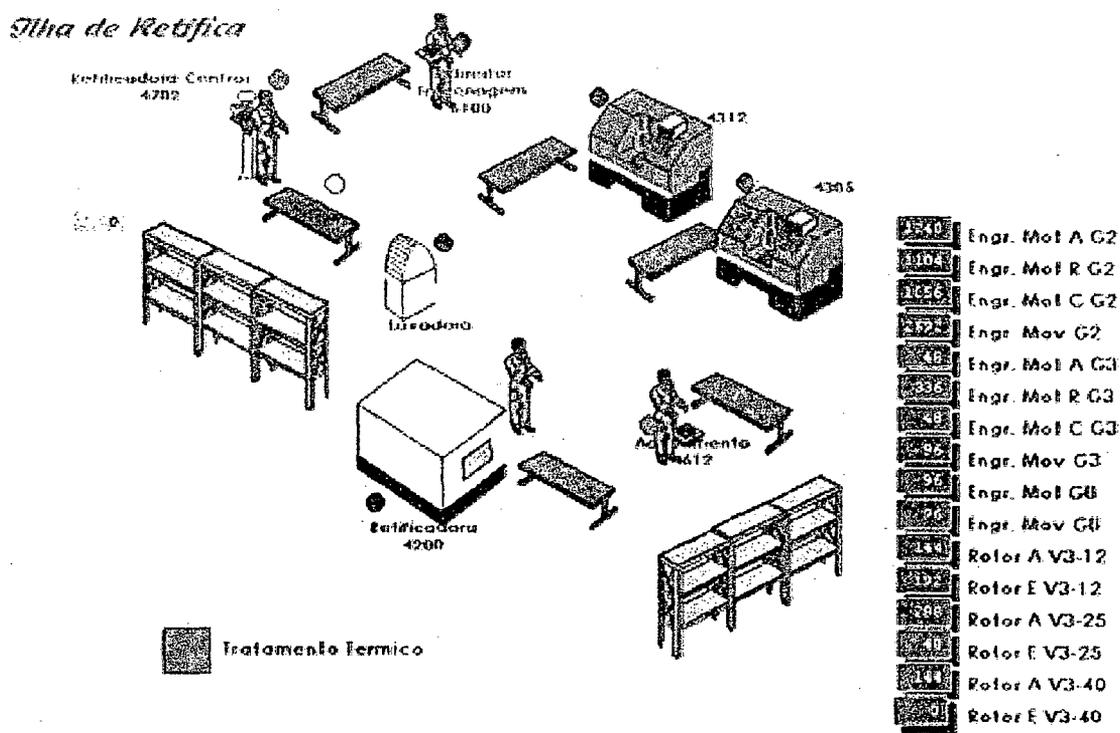


Figura 5.20 - Layout do Sub-modelo da Célula 4

Abaixo serão comentados alguns aspectos específicos de programação na linguagem de simulação.

### Atributos e prioridades:

A entidade pedido que chega no sistema, carrega consigo alguns atributos que caracterizam este pedido, como por exemplo, a quantidade de bombas contidas no pedido, o tipo de bomba desejado, o tamanho nominal, e alguma característica construtiva solicitada pelo cliente. Ao passar pelo PCP, ela agrega um outro atributo: a “data prometida” (ao cliente), definida em função do tempo presumido para a montagem das bombas contidas no pedido.

Como se sabe, os pedidos dos clientes são repassados ao PCP, que emite ordens de montagem para o setor correspondente na ilha de montagem. Em cada um dos dois setores da montagem, as ordens são armazenadas em uma caixa, representada no modelo por uma fila, onde estão dispostas em uma ordem de prioridade definida pelo PCP, em função da urgência do pedido. Esta prioridade, representada no modelo por um

atributo da entidade pedido, é calculada em função da proximidade da data prometida para o cliente. Isto significa que existe uma regra para a saída da fila de espera para a montagem, e que esta não é FIFO (*First in, First out*), e sim depende da programação definida pelo PCP.

Depois de passar pelas operações na ilha de montagem, os pedidos saem do sistema incrementando a variável “bombas fabricadas” correspondente ao seu tipo de peça. Além disso é verificado também se houve atraso na entrega do pedido, em caso afirmativo é incrementada também a variável “numero\_de\_atrasos” e calculada a magnitude deste atraso, que também é armazenada em outra variável.

Os *kanbans*, quando enviados para a fabricação, também carregam com si atributos, que determinam as características do componente a que se referem, assim como um atributo que define a prioridade deste componente. Esta prioridade é transmitida ao *kanban* na fila na entrada de cada uma das células, e com base nestas prioridades estes *kanbans* são dispostos na seguinte prateleira da mesma célula. A prioridade de cada um dos componentes é calculada por uma subrotina (*Calcula\_prioridade*), a partir dos dados disponibilizados pelas matrizes de *status* do modelo.

#### **Status do modelo:**

Todo o *status* do estoque de componentes e do sistema *kanban* é monitorado por um conjunto de matrizes, atualizadas constantemente e mostradas na tela durante a simulação com o auxílio de variáveis correspondentes. Desta maneira é possível saber, por exemplo, em qualquer momento, qual a quantidade de um determinado componente em estoque ou ainda qual a quantidade de *kanbans* deste componente vazios, ou a caminho, nas ilhas de fabricação. Abaixo tem-se uma relação dos grupos de matrizes utilizadas no modelo da mini-fábrica. Diz-se “grupo de matrizes” pois para cada um destes existem 10 matrizes, que juntas contém informações sobre todos os componentes referenciados no modelo.

- ◆ *demanda\_mensal*
- ◆ *tamanho\_do\_kanban*
- ◆ *capacidade\_do\_kanban*
- ◆ *numero\_de\_kanbans*
- ◆ *estoque\_na\_montagem*

- ◆ prioridade
- ◆ numero\_de\_kanbans\_a\_caminho
- ◆ numero\_de\_kanbans\_fora\_do\_estoque
- ◆ numero\_de\_kanbans\_no\_estoque

### Subrotinas:

O modelo possui, além do processamento seqüencial das operações, algumas subrotinas que auxiliam no controle e monitoramento de todo o sistema. A execução destas subrotinas pode ser feita paralelamente à execução do modelo, ou como parte de uma lógica de operação, ou ainda como lógica de inicialização, antes do início da execução da simulação. Neste caso particular, a subrotina `Inicializa_arrays()` é uma rotina de inicialização, e só é executada uma vez, antes da execução do modelo. As subrotinas `Verifica_estoque()` e `Verifica_estoque_montagem()` são executadas dentro da operação de montagem das bombas, por seu código corresponder a ações dos próprios funcionários que se repetem a cada vez que é processada uma ordem de montagem. No caso das subrotinas `Cálculo_a_partir_da_demanda()` e `Calcula_prioridade()`, o código é executado continuamente de forma paralela à simulação do modelo.

As subrotinas também possibilitam a visualização do valor das variáveis do sistema durante a simulação, como por exemplo a quantidade em estoque dos componentes, pedidos entregues, atrasos, etc.

Uma breve descrição das funções de cada uma das subrotinas é mostrada a seguir.

- Subrotina `Inicializa_arrays`:

Inicializa os parâmetros de monitoramento da fábrica, como nível de estoques, peças a caminho, prioridades, etc. Inicializa também capacidades dos *kanbans* e calcula, com base em parâmetros de entrada, as demandas mensais estimadas de cada uma das peças.

- Subrotina `Cálculo_a_partir_da_demanda` (calculado trimestralmente):

Esta subrotina tem a função de calcular (e recalcular) o tamanho e o número de *kanbans* para cada tipo de componente. A subrotina segue as regras do sistema *kanban* implementado, ou seja, o cálculo do número de *kanbans* é feito para limitar o estoque máximo de cada componente, que pode ser de meio, um ou dois meses. O tamanho do

*kanban* é limitado por uma capacidade, considerada econômica. Este cálculo é feito na inicialização da simulação e é repetido trimestralmente, com base na demanda média das bombas nos últimos meses.

A subrotina também recalcula as matrizes que armazenam a demanda média de cada um dos componentes.

- Subrotina *Calcula\_prioridade* (calculado de hora em hora):

Calcula, com base no número de *kanbans* fora do estoque, a prioridade de cada componente na fábrica. Atualiza algumas variáveis de monitoramento do estoque e prioridades.

- Subrotina *Verifica\_estoque\_montagem*:

Logo que o funcionário da montagem pega uma ordem da caixa de pedidos, ele verifica se existem componentes disponíveis para a montagem, caso não tenha, ele virtualmente divide esta ordem em duas, uma que será montada a seguir e outra que voltará para a caixa de pedidos, com uma observação que indica a nova quantidade a ser montada (quantidade restante). Decrementa valores dos estoques nas matrizes e atualiza variáveis.

- Subrotina *Verifica\_estoque*:

Após a montagem de uma ordem, ou parte dela, o funcionário da montagem verifica se existem *kanbans* vazios referentes às peças que usou para montar a tal ordem. Se existem, o *kanban* em questão é mandado para a ilha de fabricação correspondente. Incrementa a matriz de *kanbans* a caminho e atualiza as variáveis correspondentes.

- Subrotina *Relatorio\_mensal*:

No final de cada mês, calcula o que foi montado e fabricado na mini-fábrica nos últimos 30 dias, o atraso neste mesmo mês e partir destas informações calcula os índices utilizados na fábrica para a avaliação de desempenho do sistema (produtividade, rotatividade de estoque e pontualidade). Edita um relatório no final desta operação em arquivo texto, gravado no diretório padrão.

- *Hr\_24clock*:

Mostra na tela um relógio da simulação, com dias, horas e minutos.

### Macros e cenários:

As macros são utilizadas no modelo como variáveis de acesso ao usuário. São parâmetros utilizados para a construção de cenários, onde diferentes configurações do mesmo sistema podem ser pensadas para posteriormente serem testadas e avaliadas pelo desempenho que apresentaram. Uma importante característica do software utilizado é a possibilidade de definir e rodar estes cenários sem mexer na estrutura do modelo. Os valores dos parâmetros são acessíveis no menu de opções de simulação e a opção "rodar cenários" facilita ainda mais o trabalho do usuário, fornecendo no final da simulação estatísticas individuais para cada um deles.

Conforme já foi dito, foram escolhidos quatro fatores de análise para a mini-fábrica: tempos de *setup*, capacidade do *kanban*, número de operadores e demanda. Com exceção da demanda, cujos valores são definidos em um arquivo externo (planilha) a parte, os outros fatores foram declarados como macros, e seus valores podem ser alterados pelo usuário do modelo de simulação.

### 5.6. Verificação do Modelo

Esta etapa consiste basicamente em encontrar erros de programação, ou seja, erros de lógica do programa. Existem alguns testes que podem ser usados e ainda ferramentas de "debugging" do próprio programa.

Tendo em vista que a codificação do modelo foi feita em módulos, que foram testados e verificados separadamente antes de serem integrados em um modelo maior, pode-se dizer que houve um paralelismo entre esta etapa e a anterior. A medida que a codificação do modelo foi evoluindo, foi preciso utilizar algumas ferramentas e procedimentos que serão descritos adiante. Foi necessário também fazer a verificação do modelo na forma final, para garantir o funcionamento correto da lógica de integração.

#### *Acompanhamento da animação dos modelos:*

A animação em um software de simulação é uma característica muito importante quando tratamos da verificação da correção do modelo. É possível acompanhar a evolução dos processos e das variáveis ao longo do tempo, possibilitando a

identificação de erros de programação, troca de variáveis, inconsistência de procedimentos, etc.

Embora alguns erros sejam facilmente identificados através da observação da simulação, é necessário que se inclua no código mensagens de aviso, para certas situações de erro menos aparentes.

#### *Ferramenta "Trace":*

Presente na grande maioria das linguagens de programação, assim como nos "pacotes" de simulação, a ferramenta "trace" permite acompanhar a execução do programa passo a passo, listando todas as mudanças de estado do sistema ao longo do tempo.

Problemas detectados na animação podem não ser de fácil resolução em um primeiro momento, sendo preciso rever a execução da lógica do programa durante um certo tempo para identificação do erro.

Esta ferramenta foi especialmente útil na correção de problemas a princípio "sem explicação", como os que ocorreram por causa de valores de tempo negativos, em função da utilização de distribuições normais com grandes desvios.

## 5.7. Validação do Modelo

Com o intuito de dar embasamento aos resultados fornecidos pela simulação, tomou-se o cuidado de garantir que o modelo realmente represente o sistema em estudo, dentro de um determinado nível de confiança.

Uma fase preliminar da validação do modelo foi feita antes mesmo da codificação deste, ainda na fase de modelagem conceitual. Os diagramas e fluxogramas do processo, assim como as suposições e simplificações iniciais, foram conferidos e aprovados pelo pessoal envolvido na fábrica (operadores, PCP e Produtividade).

Já na fase de verificação do modelo, observou-se que este, por consequência de seu tamanho e detalhamento, apresentou-se muito pesado e lento. Para viabilizar o estudo, concluiu-se que seria preciso fazer a simulação em duas fases: uma pré-simulação dos submodelos das células de fabricação e uma simulação do modelo da mini-fábrica simplificado, considerando cada uma das células como um "delay", cujo valor, em distribuição de probabilidade, seria definido pela pré-simulação.

A partir de um estudo isolado de cada uma das células de fabricação (pré-simulação), foi possível determinar uma distribuição de probabilidade que representasse o tempo necessário para que os *kanbans*, após entregues na ilha de fabricação correspondente, estivessem disponíveis no estoque novamente. Alimentando cada um dos submodelos com valores coletados de frequência e quantidade de *kanbans* (ordens de fabricação), obteve-se valores de tempo de reposição para os diversos componentes, e a partir destes valores, foram definidas curvas de probabilidade, em quais os dados obtidos melhor se encaixaram.

Desta forma, o modelo simulado até o final deste trabalho é uma versão minimizada do primeiro, porém também válido para os objetivos do trabalho. É importante lembrar que análises envolvendo tamanho do *kanban*, tempo de preparação de máquina e número de operadores exigem a simulação do modelo completo, ou uma nova determinação do tempo de reposição para os *kanbans*.

O processo de validação se dá em duas etapas: a validação dos submodelos e a validação do modelo da mini-fábrica. Cada uma das etapas, por sua vez, foi feita sob dois aspectos: a observação do comportamento do modelo, através da animação e a comparação dos resultados.

#### *Validação dos sub-modelos das ilhas de fabricação:*

Os modelos das células foram validados de maneira individual, conforme descrito abaixo.

Para testar o comportamento do modelo, foi utilizada a animação do modelo, que mostrou consistência na mudança de parâmetros como tempo de preparação e tamanho de lote. A validação seguiu com a comparação entre os resultados apresentados pelos sub-modelos (em termos de tempo de reposição) e a declaração pelo encarregado pelo PCP na mini-fábrica de que os tempos de reposição dos *kanbans* para cada componente tinham as seguintes médias:

Componente (a) tipos A e B : 5 dias

Componente (a) C, X, Y e Z: 10 dias

Componente (b) tipos A e B: 5 dias

Componente (c) e componente (d) tipos A e B: 5 dias

Componente (d) X, Y e Z: 15 dias

Componente (e) e componente (f): 15 dias

Através da alimentação do modelo da mini-fábrica com dados reais de demanda, coletou-se informações que vieram a confirmar os prazos acima descritos. Os dados coletados foram encaixados em curvas normais e estas foram utilizadas para representar os tempos de reposição dos *kanbans* no modelo simplificado.

### *Validação do modelo da MINI-FÁBRICA 3*

Utilizando o modelo simplificado, tendo cada uma das células de fabricação como "caixas-pretas", iniciou-se o processo de validação do modelo final.

A animação foi utilizada para testar o comportamento do modelo, e suas reações frente a variações na demanda. Pode-se constatar tanto na animação quanto nos resultados, que o modelo mostrou consistência quanto ao tamanho das filas e utilização das mesas de montagem e teste.

Para fechar a análise, propõe-se uma comparação estatística entre os resultados apresentados pela simulação (amostra) com os dados de desempenho no sistema real (população). Através de testes de significância, pode-se dizer com um certo grau de confiança se o modelo é válido ou não.

O método utilizado neste caso foi o teste "t" entre uma amostra de resultados fornecidos pela simulação, e uma amostra de resultados de desempenho reais, coletados na fábrica. Sob a hipótese de que as amostras pertencem à mesma população (denominada hipótese nula, ou  $H_0$ ), o teste consiste em calcular um valor de "t" (de *Student*), a partir das amostras e compará-lo com um valor de "t" crítico tabelado em função do tamanho das amostras e de um grau de significância esperado no teste. Se o módulo do valor calculado é menor do que o valor de "t" crítico observado, então a hipótese nula é aceita, caso contrário, ela é rejeitada (figura 5.21).

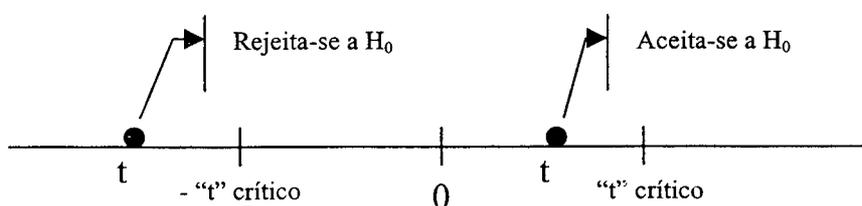


Figura 5.21 – Critério de Aceitação da Hipótese Nula  $H_0$

Os testes foram feitos para testar a hipótese (hipótese nula ou  $H_0$ ) de que os resultados obtidos na simulação são condizentes com os coletados no sistema real. No caso da hipótese nula ser rejeitada, aceita-se a hipótese  $H_1$ , ou seja, os resultados obtidos na simulação não são condizentes com os coletados no sistema real.

O teste estatístico é realizado determinando um nível de significância para o teste ( $\alpha$ ), isto é, definindo uma probabilidade mínima para o erro do tipo I. Este erro consiste em rejeitar a hipótese, quando na verdade esta é verdadeira.

Decidiu-se por fazer a análise em cima de dados de produção mensal de produtos, devido à disponibilidade de dados históricos para a validação. Foram coletados dados de produção de bombas durante o ano de 1998 (onze meses) e para os resultados da simulação foram utilizados os últimos onze meses de uma simulação piloto de 10.000 horas. A análise foi feita considerando um nível de significância de 5% e os dados utilizados para tanto são mostrados na tabela abaixo (tabela 5.4):

| Produção Mensal | Dados reais |        | Resultados da simulação |        | t crítico<br>(0.05, 20) | T calculado |
|-----------------|-------------|--------|-------------------------|--------|-------------------------|-------------|
|                 | média       | desvio | média                   | desvio |                         |             |
|                 | 1669.1      | 281.5  | 1643.6                  | 134.6  | 1.725                   | 0.27        |

Tabela 5.4 – Teste “t” sobre a Produção Mensal de Bombas

O cálculo do valor de “t” é feito pela seguinte fórmula:

$$t_{calc} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

Onde  $S_p$  (estimativa de variância comum) é calculado como sendo:

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

É fácil notar que o valor de “t” encontrado está dentro da faixa crítica, portanto a hipótese nula  $H^0$  foi aceita. Isto implica que, ao menos estatisticamente, podemos considerar que o sistema real e o modelo de simulação produzem resultados semelhantes, consideradas algumas limitações:

- O modelo construído representa o sistema estudado a um determinado nível de detalhe, e sob certas suposições, de acordo com os objetivos do trabalho, e desta forma pode não ser adequado para certas análises que podem ser pensadas;
- A validação do modelo como um todo depende da validação de cada um dos sub-modelos que representam as células de manufatura. É importante que se garanta a confiabilidade de cada um destes modelos, individualmente, através de um processo de validação;
- Embora tenhamos predeterminado a probabilidade de ocorrer um erro do tipo I, através da escolha do nível de significância (5%), a probabilidade de ocorrer um erro do tipo II depende da diferença entre as médias e do tamanho das amostras usadas no teste. Este erro torna-se muito importante quando observamos sua definição:

$$\beta = P(\text{erro do tipo II}) = P(\text{aceitar } H_0 / H_0 \text{ é falsa})$$

Isto implica na probabilidade de validarmos o modelo, quando na verdade ele não é válido! Porém, a significância deste erro está em quão grande é o tamanho do erro, isto é, em quão importante seria o erro de considerar que as amostras acima não pertencem realmente a mesma população. Considerando que pela simples observação dos resultados pode-se perceber que as médias são próximas, e que erros nesta ordem não são realmente importantes em um sistema do qual estamos tratando, não seria problema aceitar a existência desta probabilidade de erro. Através das curvas características de operação (Operating Characteristic Curves), tira-se que o valor do erro, para os dados em questão é:

$$\text{Erro do tipo II} = \beta = 99,5\%$$

Tendo em vista os resultados favoráveis obtidos nesta fase de validação, e considerando suas limitações, considera-se o modelo pronto para a experimentação e análise dos resultados.

## 5.8. Projeto e Execução dos Experimentos

Como medida do desempenho do sistema produtivo em estudo, optou-se pela utilização da variável "tempo de espera do pedido", ao invés do tradicional "tempo de

atravessamento" (*leadtime*). Os demais índices de desempenho utilizados na fábrica utilizam dados de custo e informações sobre o banco de horas, não disponíveis para este trabalho, com exceção do Índice de Pontualidade, também utilizado na análise.

A opção pela variável "tempo de espera do pedido", ao invés do *leadtime* do pedido pode ser fundamentada em alguns pontos:

- Dos três componentes do *leadtime* no sistema (tempo de processamento da ordem, tempo de espera do pedido, tempo de montagem e teste das bombas), apenas o tempo de espera do pedido é afetado pela eficácia do sistema de fabricação, pois depende da disponibilidade de componentes no estoque;

- O tempo de montagem e teste das bombas depende do valor do tempo definido para o tipo da bomba (distribuição de probabilidade) e da quantidade de bombas. Para pedidos de tamanhos diferentes do mesmo tipo de bomba, que estivessem esperando exatamente o mesmo tempo na fila, obteríamos diferentes *leadtimes*, o que poderia passar a idéia de maior eficácia em um caso do que no outro, o que só confundiria a análise.

Como parâmetros de entrada, foram definidos alguns, de acordo com o objetivo do trabalho: capacidade do *kanban*, tempo de preparação de máquina, número de funcionários, nível de demanda (figura 5.22).

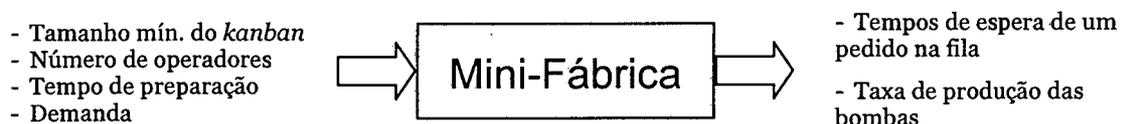


Figura 5.22 – Entradas e Saídas do Sistema

Para o experimento de simulação, utilizou-se a opção *default* do sistema, ou seja, valores reais obtidos na fábrica no final de 1998.

São eles:

*Demanda*: nível normal

*Capacidade do kanban*: ver tabela 5.1

*Tempo de preparação*: ver tabela 5.2

*Número de operadores*: 2 por célula, por turno.

Quanto à natureza do sistema, definiu-se o sistema como sendo não-terminal, como todos os sistemas de manufatura. Isto se deve ao fato de que, neste tipo de sistema, embora possam existir pausas (final de turno, finais de semana, etc.), o processamento nunca retorna ao estado inicial: de filas e processos vazios; ele retoma o processamento do ponto onde parou. Desta forma, não existe, nos sistemas não-terminais, um evento que determine o final da simulação.

Neste tipo de sistema, em função da necessidade do descarte do período transiente, em geral longos, propõe-se outro procedimento de experimentação que não o tradicional “Replicações Independentes”. Este método vem sendo chamado de “Loteamento” e é o procedimento mais utilizado na simulação de sistemas não terminais. O método consiste em rodar apenas uma rodada de simulação, porém tão longa que possa ser dividida em várias “replicações” independentes entre si. Desta forma, o período de aquecimento (*warm-up*) é rodado uma só vez, o que diminui o tempo total de simulação necessário para a análise dos resultados.

Assim sendo, o procedimento de projeto do experimento de simulação segue as seguintes etapas:

1) Determinação do período de aquecimento (*warm-up*) do sistema:

Isto foi feito através de uma simulação piloto de 10.000 horas, onde se observou principalmente a quantidade de *kanbans* a caminho nas ilhas de fabricação. Essa variável foi escolhida porque a variável que mede o tempo de espera do pedido no sistema mostrou-se muito instável, dificultando este tipo de análise. Se considerarmos que a estabilização do tempo de espera do pedido depende principalmente da estabilização do sistema de fabricação de componentes, esta análise pode ser considerada válida.

Foi feito um gráfico para o número de *kanbans* a caminho na célula 1, um para o número de *kanbans* de nas células 3 e 4 (processos consecutivos) e outro para o número de *kanbans* a caminho na célula 2. Estes gráficos apresentaram pontos de estabilização diferentes, dos quais foi escolhido o maior (figura 5.23). Na figura, pode-se notar que a quantidade, inicialmente grande, se estabilizou em torno de 100.000 min, ou 1.700 horas. Este valor sugere um sistema extremamente lento, em virtude dos longos tempos de reposição dos *kanbans*.

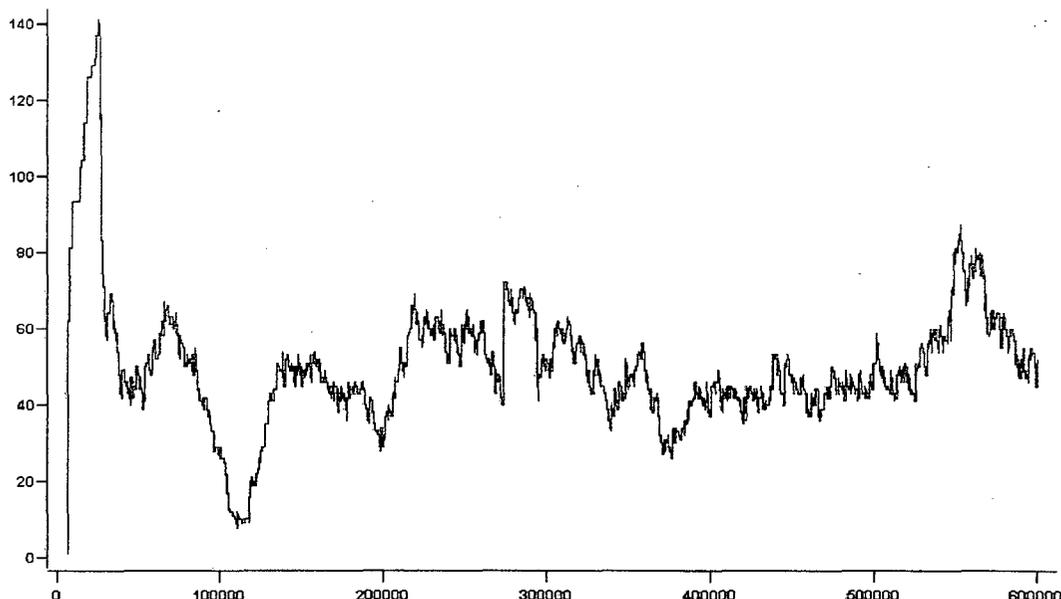


Figura 5.23 - Quantidade de *kanbans* em Processamento nas Ilhas de Fabricação - Células 3 e 4

## 2) Determinação do tempo total de simulação:

A partir de outra simulação piloto, de 27.000 horas + 1.700 horas (*warm-up*) = 28.700 horas, coletou-se informação a respeito de tempo de espera dos pedidos no sistema, por tipo de bomba. O próprio *software* de simulação encarrega-se de descartar as informações geradas dentro do período de *warm-up*. Terminada a simulação, os dados foram levados para o módulo estatístico do Promodel, e para cada uma das variáveis, foi feita uma análise de autocorrelação. Através de um gráfico que fornece a correlação entre o grupo de observações em função da distância relativa entre elas, encontrou-se um valor mínimo de observações necessárias por amostra, para que a correlação entre as amostras seja desprezível. Estes valores se mostraram bastante diferentes para as quatro variáveis em questão, sendo preciso escolher o maior deles: 80, para as bombas dos tipos X, Y e Z (figura 5.24). Isto correspondeu a 1.000 horas de simulação a partir do *warm-up*. Por medida de segurança, multiplica-se este valor por 10, um valor empírico, segundo a literatura na área.

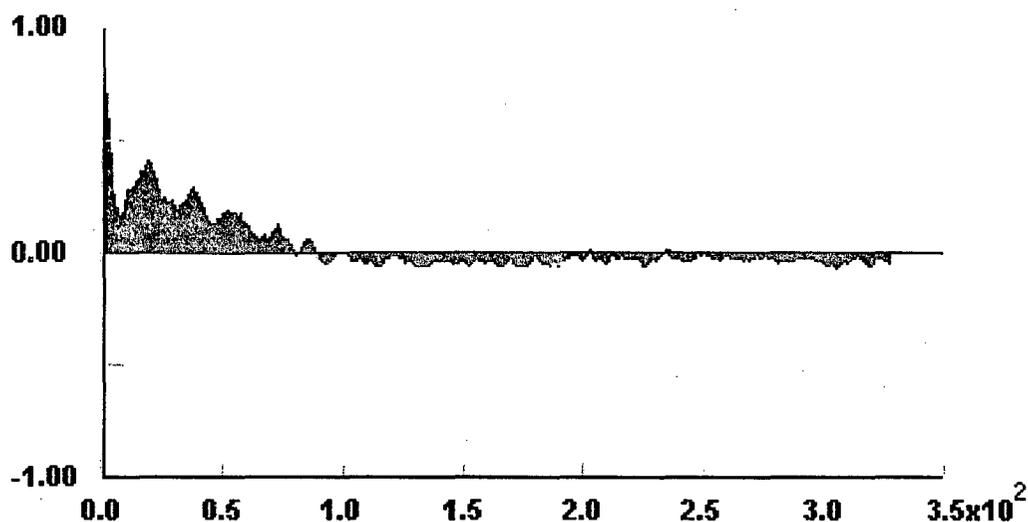


Figura 5.24 - Gráfico de Correlação - Tempo de Espera das Bombas de Palhetas

O tempo total de simulação é calculado assim:

$$\begin{aligned} \text{Tempo} &= \text{warm-up} + \text{tamanho dos grupos} \times \text{número de grupos} \\ \text{Tempo} &= 1.700 + 10.000 \times 10 = 101.700 \text{ horas} \end{aligned}$$

3) Rodou-se então a simulação, por 101.700 horas, com o objetivo de gerar intervalos de confiança para o tempo que os pedidos esperam no sistema até serem atendidos.

O relatório gerado por esta simulação pode ser visto em anexo (Anexo I).

Os intervalos de confiança calculados para 95% de grau de confiança são mostrados abaixo, para pedidos de bombas tipo A, B, C e de palhetas (5.26 a 5.29). O relatório em anexo apresenta também os limites do intervalo de confiança para 90 e 99%. As figuras dos intervalos de confiança seguem o padrão mostrado pela figura 5.25.

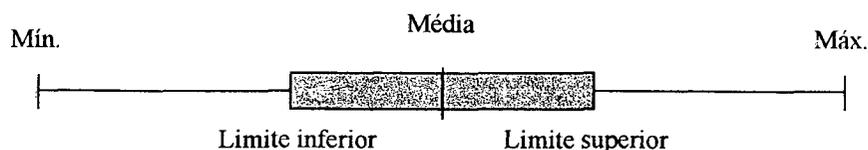


Figura 5.25 - Padrão de Apresentação dos Intervalos de Confiança

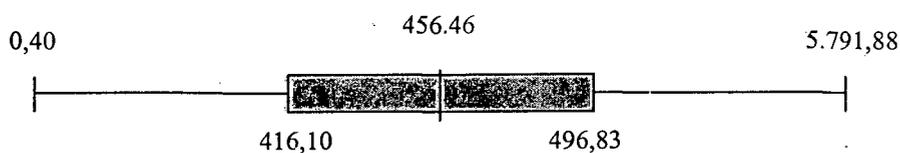


Figura 5.26 - Intervalo de confiança 95% - Tempo de espera dos pedidos de bombas tipo A

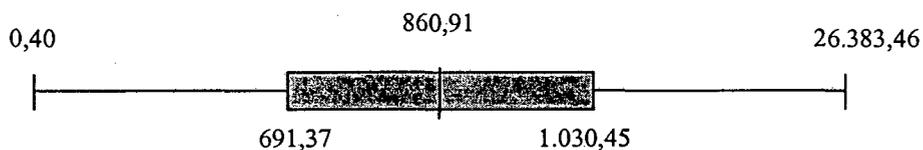


Figura 5.27 - Intervalo de confiança 95% - Tempo de espera dos pedidos de bombas tipo B

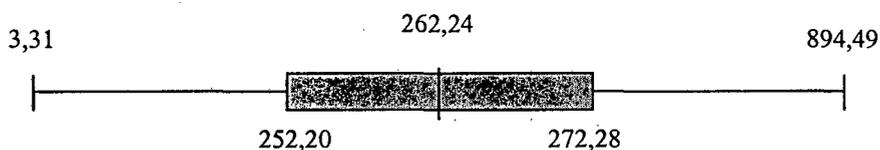


Figura 5.28 - Intervalo de confiança 95% - Tempo de espera dos pedidos de bombas tipo C

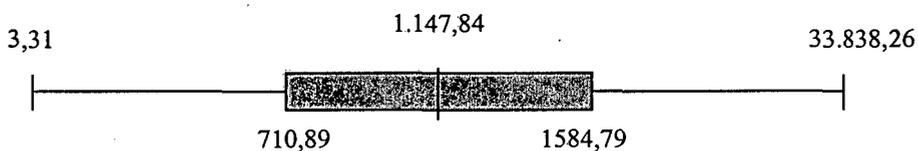


Figura 5.29 - Intervalo de confiança 95% - Tempo de espera dos pedidos de bombas de palhetas

A partir dos intervalos pode-se estimar que em 95% das vezes, a média das observações estão dentro dos limites indicados nas figuras. Pode-se perceber que no caso de pedidos de bombas do tipo B e de palhetas, o intervalo de confiança apresentou-se muito amplo, 19.7 e 38%, ao contrário do caso de pedidos de bombas do tipo A e C, que ficaram abaixo de 10% (8.8 e 3.8%). Isso pode exigir que se aumente o tamanho da simulação, para que seja possível obter mais grupos (*batches*) e assim obter intervalos mais fechados e estimativas mais expressivas.

Com relação ao nível de estoque de componentes, pode-se notar também que, em alguns casos, o estoque permanece alto o tempo todo (ver valores mínimos no Anexo I, a partir da pag. 17), o que justificaria a modificação na regra de estoque de segurança utilizada. Isto pode ser visto em casos como os componentes (a) dos tipos A, B e C, componentes (c) e componentes (e) e (f) do tipo A.

Com base nos resultados sobre o tempo de espera e estoques pode-se concluir que existem problemas no dimensionamento do sistema kanban. Altos tempos de espera ou a alta variabilidade destes indicam que o controle dos estoques não está sendo satisfatório, como pode ser confirmado com o estado dos estoques de componentes para a montagem.

Quanto ao desempenho do Índice de Pontualidade, pode-se perceber ainda um certo atraso na entrega dos pedidos, na média de 2.3%, também em função da espera do pedido na fila devido a falta de componentes em estoque. A figura abaixo (figura 5.30) mostra a evolução deste índice na simulação (100.000 horas úteis).

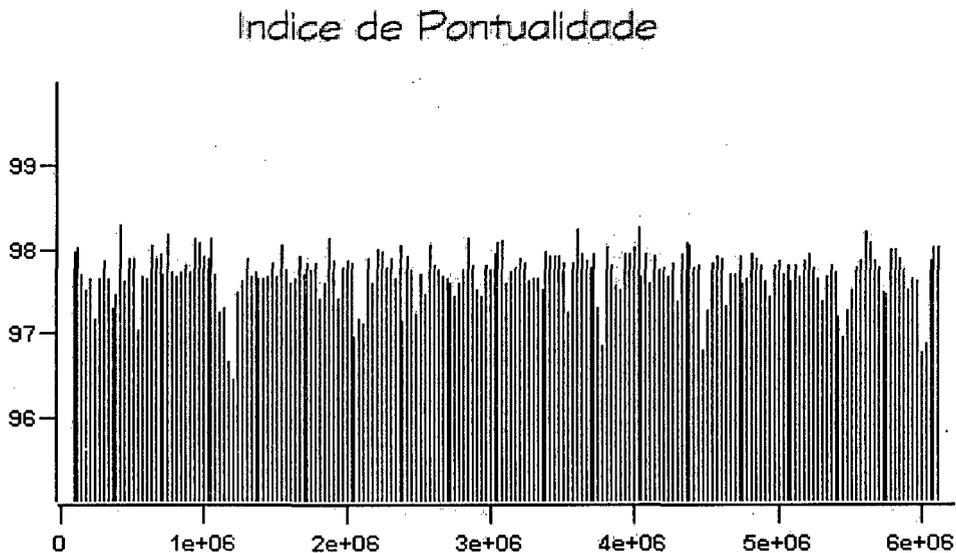


Figura 5.30 - Evolução do Índice de Pontualidade na Simulação

Pode-se também calcular um intervalo de confiança para este índice (figura 5.31):

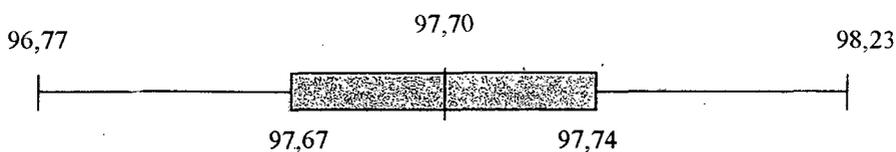


Figura 5.31 - Intervalo de Confiança 95% - Índice de Pontualidade

Em relação a este índice, temos um intervalo bem fechado, e segundo esta configuração do sistema, a média das observações está dentro destes limites com 95% de confiança.

Este índice indica que aproximadamente 97,7% dos pedidos dos clientes são entregues em dia, para o nível de demanda utilizado na simulação. Para testar a robustez do sistema de produção, pode-se testá-lo frente a variações de demanda, e a partir daí analisar o comportamento deste índice.

Outra análise que pode ser feita é a da capacidade ociosa existente no sistema. Observando a utilização do setor de montagem e teste de bombas (figura 5.32), pode-se perceber que, ainda que consideremos um tempo adicional para limpeza, organização e preenchimento de papéis (atividades executadas pelos funcionários e não incluídas no cálculo dos tempos), existe uma certa capacidade disponível, que pode ser utilizada em caso de aumento de demanda.

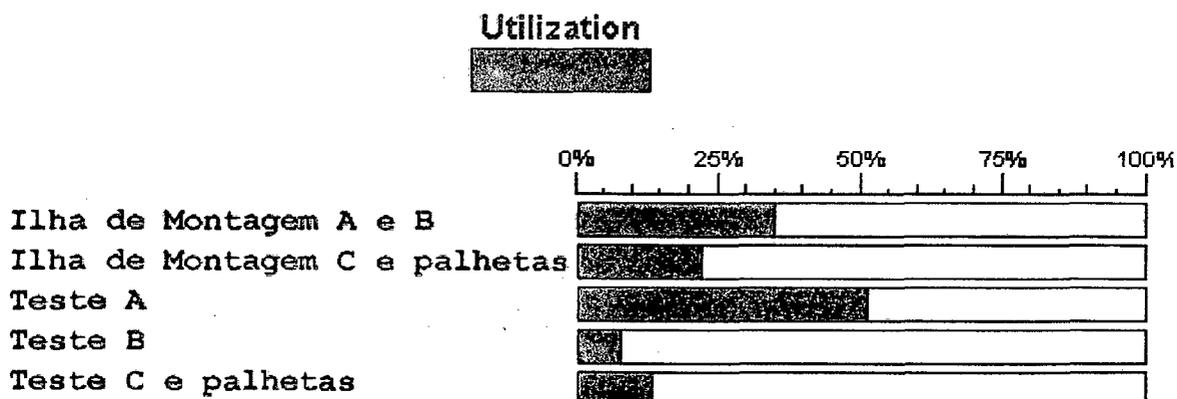


Figura 5.32 - Utilização das Diversas Operações no Setor de Montagem e Teste de Bombas

Na observação do comportamento do modelo de simulação identifica-se as seguintes situações ou oportunidades de melhoria na fábrica:

- Existe capacidade ociosa no setor de montagem e teste das bombas, o que permite ainda uma folga quanto ao aumento da demanda, sem que seja necessário investimentos em automação ou contratação de mão-de-obra;
- A fabricação de componentes se mostrou o grande gargalo da produção, com longos tempos de preparação e operações externas muito demoradas, tornando a fábrica lenta e a manutenção de estoques algo necessário;
- O *kanban* tem a função de controlar o nível de estoque, em geral alto, porém deve ser redimensionado para tornar a produção mais ágil. O estoque alto tem como objetivo servir de barreira contra problemas tais como ineficiência na fabricação e flutuações na demanda, e por isso é importante que seja feita uma redução do mesmo, forçando a empresa a atacar seus verdadeiros problemas e desta forma trilhar o caminho rumo a Manufatura Enxuta;
- A redução dos tempos de preparação permitiria a diminuição dos tamanhos de lote (*kanban*) na célula 3, onde 100, 200 e 400 peças são tamanhos normais. Esta característica, aliada à estratégia de alta variedade de tipos de produtos, e consequentemente componentes, dificulta o trabalho nesta célula, assim como nas outras, pelo tempo perdido com preparação de máquina;
- Longas filas de espera de pedidos de clientes devido à falta de alguns componentes e alto nível de estoques de outros sugerem uma oportunidade de melhoria no dimensionamento do sistema *kanban*, que tem a função de controlar os estoques de componentes na montagem de bombas;
- Os fatores acima citados levam a fábrica a trabalhar com índices de pontualidade na média de 97,7%, o que implica em atrasos na entrega dos pedidos aos clientes. Se consideramos um possível aumento de demanda e este fator (pontualidade) é visto no mercado como característica indispensável, conclui-se que isto interfere diretamente na competitividade da empresa no mercado;
- A lentidão na fabricação de componentes interfere também na característica de flexibilidade da fábrica, considerada como diferencial competitivo. Em parte, os estoques intermediários isolam o problema, no entanto a abordagem de Manufatura

Enxuta repele este tipo de estratégia, pois encarece o produto, gera obsolescência do estoque e torna a fábrica pesada e lenta.

O modelo construído permite a simulação de várias configurações para este mesmo sistema, incluindo a opção de alterar a capacidade do *kanban*, os tempos de preparação de máquina, o nível de demanda, assim como aumentar ou diminuir a quantidade de operadores trabalhando nas células de fabricação. Através de um estudo estatístico de comparação dos resultados das simulações destas diferentes configurações, pode-se tirar conclusões importantes a respeito da dinâmica do sistema e de como cada um dos fatores contribui para o desempenho do mesmo.

Definidos os resultados obtidos com a simulação do sistema em estudo, dentro das limitações definidas no início deste capítulo, no capítulo seguinte serão apresentadas as conclusões finais e recomendações para os próximos trabalhos.

## 6- Considerações Finais

### 6.1. Conclusões

A necessidade de se adaptar à nova realidade altamente competitiva tem forçado empresas de todos os setores a modernizarem sua produção e repensarem seus processos. A ordem é “mudar”, procurar modelos de organização que se encaixem às características da empresa e que permitam a esta satisfazer as necessidades dos seus clientes.

A simulação se apresenta como ferramenta muito importante de auxílio nestas mudanças organizacionais, na medida que permite experimentar mudanças em um modelo de simulação, e não no sistema real, acarretando baixos custos, eficiência e segurança na tomada de decisões.

Com base nestas observações, este trabalho teve como objetivo comprovar as potencialidades da simulação como ferramenta de análise, através da construção do modelo de um sistema de produção real. Este modelo deve ser capaz de analisar os efeitos de algumas mudanças no chão-de-fábrica no desempenho do sistema como um todo.

Como suporte ao trabalho, do ponto de vista teórico, no capítulo 2 foi apresentada uma revisão bibliográfica sobre os sistemas de produção, com foco na abordagem denominada “Manufatura Enxuta”. O capítulo 3 sinaliza a importância da simulação e descreve as etapas do processo que foi seguido para o restante do trabalho.

O sistema de manufatura estudado foi escolhido por possuir características “enxutas”, tais como produção em células de manufatura, utilização de *kanban*, flexibilidade no trabalho e postura de melhoria contínua, o que facilitou a comunicação e a colaboração de todos no decorrer do projeto. O capítulo 4 deste trabalho descreve o ambiente estudado, detalhando os fluxos de processo e aspectos de planejamento de controle da produção.

O capítulo 5 descreveu o trabalho de modelagem e simulação do sistema de produção, a partir da definição dos objetivos, passando pela modelagem do sistema e analisando os resultados fornecidos pela simulação.

O modelo construído alcançou os objetivos do trabalho, na medida que representa o funcionamento da fábrica de bombas, da chegada dos pedidos até a saída de produtos para os clientes, incluindo tanto a montagem das bombas como a fabricação de seus componentes nas células de fabricação. Este modelo permite ao usuário a avaliação do desempenho da mesma fábrica sob outras condições de tempos, demanda e dimensionamento do sistema *kanban*. Desta forma, a ferramenta pode ser utilizada para avaliação de idéias e previsões, proporcionando ao usuário um entendimento maior do funcionamento do sistema de produção e de suas reações aos fatores já citados.

Foi constatado que a grande vantagem de utilizar a simulação com ferramenta para analisar o comportamento de uma fábrica é que esta permite ao usuário analisar o problema de forma sistêmica, considerando a interação entre os diversos elementos, ao invés de uma análise pontual.

Por outro lado, o desenvolvimento de um modelo de simulação consome muito tempo, tornando-se assim um processo muito lento e caro. Por isso, um estudo de viabilidade financeira do projeto deve ser realizado cuidadosamente antes do início do trabalho.

## 6.2. Recomendações para Trabalhos Futuros

O fim da construção do modelo de simulação não implica no fim da sua utilização, e sim inicia uma etapa de experimentos, além da possibilidade de ampliação do modelo de forma que este englobe mais áreas da empresa.

Como perspectivas para outros trabalhos pode-se citar:

- Redimensionamento do sistema *kanban*;
- Atualização do modelo e nova validação segundo dados históricos;
- Inclusão de uma estrutura de custos no modelo, permitindo fazer uma análise financeira das alterações previstas;
- Inclusão do estoque de itens comprados na montagem das bombas e de um possível *kanban* de fornecedor;
- Inclusão do fator matéria-prima na fabricação de componentes;
- Inclusão do “banco de horas”;

- Comparação da utilização de *kanban* e MRP no planejamento e controle da produção;
- Desenvolvimento de ferramentas educacionais com a utilização de simulação para ensino de Engenharia de Manufatura, auxiliando no entendimento das técnicas japonesas de produção.

## 7- Referências Bibliográficas

1. ARDHALDJIAN, R.; FAHNER, M. Using simulation in business process reengineering effort. *Industrial Engineering*. v. 26, n. 7, p. 60-61, julho 1994.
2. BANKS, J.; CARSON, J. S.; NELSON, B.L. *Discrete-event simulation*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1996.
3. BELGE ENGENHARIA E SISTEMAS. *Caderno de Trabalho: Curso 1 – ProModel for Windows*. Apostila do curso básico do software ProModel for Windows. São Paulo, 1995.
4. BLANCHARD, B.S.; FABRYCKY, W.T. *Systems engineering and analysis*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1981.
5. BORBA, M. de. *Estudo de Tempos e Métodos*. Apostila do curso de Tempos e Métodos, Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.
6. BRATHEY, P. *A guide for simulation*. 2. ed. New York: Springer, 1987.
7. BROWN, S. *Strategic manufacturing for competitive advantage: transforming operations from shop-floor to strategy*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1996.
8. BURGESS, A.G.; MORGAN, I.; VOLLMANN, T.E.. Cellular manufacturing: its impact on the total factory. *Int. J. Prod. Res.*, vol. 31, nº 9, 2059-2077, 1993.
9. CHU, C.; SHIH, W. Simulation studies in JIT production. *Int. J. Prod. Res.*, v. 30, n. 11, p. 2573-2586, 1992.
10. CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. *Just-in-Time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1996.
11. FALCONI CAMPOS, V. *TQC – Controle da qualidade total: no estilo japonês*. 7. ed. Belo Horizonte: UFMG, 1992.
12. FLEMING, P. V.; FRANÇA, S. R.R.O. Considerações sobre a implementação conjunta de TPM e MCC na indústria de processos. *ABRAMAN*, 1997.
13. FRAZIER, G.V. An evaluation of group scheduling heuristics in flow-line manufacturing cell. *Int. J. Prod. Res.*, v. 34, n. 4, p. 959-976, 1996.
14. FREITAS FILHO, P. J. Introdução a modelagem e a simulação de sistemas discretos. Apostila do curso de Simulação de Sistemas de Produção, Universidade de Santa Catarina, 1997.

15. FREITAS FILHO, P. J. Um sistema inteligente de simulação para avaliação de desempenho operacional de sistemas de manufatura. Florianópolis, 1995. Tese de Doutorado. Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade de Santa Catarina.
16. GHINATO, P. Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente Just-in-Time. *Produção*, Belo Horizonte, v. 5, n. 2, p. 169-189, nov. 1995.
17. GORDON, G. System simulation, Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1969.
18. HALL, R. W. *Excelência em manufatura: Just-in-time, qualidade total, envolvimento das pessoas*. 3. ed. São Paulo: IMAM, 1988.
19. HARMON, R. L.; PETERSON, L. D. *Reinventando a fábrica: conceitos de produtividade aplicados na prática*. Rio de Janeiro: Campus, 1991.
20. HARRELL, C. R. et al. *System improvement using simulation*. 3. ed. PROMODEL Corporation, 1995.
21. HARRELL, C.; TUMAY, K. Simulation made easy. *IIE Solutions*, p. 39-41, July 1997.
22. HARRINGTON, J. *Understanding the manufacturing: the key to successful CDA/CAM implementation*. New York: M. Dekker, 1984.
23. HAYES, R. H.; PISANO, G. P. Beyond world-class: the new manufacturing strategy. *Harvard Business Review*, v. 72, n.1, p. 77-86, jan./fev., 1994.
24. HITOMI, K. Manufacturing systems engineering. London: Taylor & Francis, 1979.
25. HORNG, H.; COCHRAN, J. K. Simulation constructs for computer-integrated Just-in-Time production systems: an object-oriented approach. *Int. J. Computer Integrated Manufacturing*, v. 11, n. 2, p. 130-141, 1998.
26. HUBERMAN, L. *História da riqueza do homem*. 17. ed. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1981.
27. JAYARAMAN, A.; AGARWAL, A. Simulation na engine plant. *Manufacturing Engineering*, nov. 1996.
28. KATO, E. R.R. et al. A utilização de simulação no projeto de sistemas flexíveis de manufatura. *Máquinas e Metais*, agosto 1996.
29. KLIER, T. H. The impact of Lean Manufacturing on sourcing relationships. *Economics Perspectives*, v. 18, n. 4, p. 1-9, july/aug. 1994.

30. KOCHIKAR, V.P.; NARENDRAN, T.T. On using abstract models for analysis of flexible manufacturing systems. *Int. J. Prod. Res.*, v. 32, n. 10, p. 2303-2322, 1994.
31. LAW, A. M.; KELTON, D. W. *Simulation modeling and analysis*. New York: Mc Graw-Hill, 1991.
32. LEPIKSON, H. A. Soma – Sistema Orgânico de Manufatura Autônoma: uma nova abordagem distribuída para o gerenciamento do chão de fábrica. Florianópolis, 1998. Tese de doutorado. Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Santa Catarina.
33. LOBÃO, E. C.; PORTO, A. J. V. Evolução das técnicas de simulação em acordo com a tecnologia. *Anais do XIVENEGEP*, 1996.
34. LORINI, F. J. *Tecnologia de grupo e organização da manufatura*. Florianópolis: Editora da UFSC, 1993.
35. MARTINS, C.F.. Modelagem e avaliação de desempenho por simulação de um sistema de AGV's. Florianópolis, 1997. Dissertação de mestrado. Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Santa Catarina.
36. MENDIETA GAONA, Hugo B. O uso da simulação para avaliar mudanças organizacionais na produção. Florianópolis, 1995. Dissertação de mestrado. Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina.
37. MEREDITH, D. D. et al. *Design and planning of enginnering systems*. Englewood Cliffs : Prentice Hall, 1973.
38. MONTGOMERY, D.C. *Design and analysis of experiments*. 2. ed. John Wiley & Sons, 1984.
39. MOURA, R. A. *Kanban: a simplicidade do controle da produção*. São Paulo: IMAM, 1989.
40. MUSSELMAN, K. J. Guidelines for simulation project success. *Proc. Of the Winter Simulation Conference*, p. 88-95, 1994.
41. NORDGREN, W.B. Steps for proper simulaiotn project management. *Proc. Of Winter Simulation Conference*, 1995.
42. OHNO, T. *Toyota Production System: beyond large-scale production*. Portland: Productivity Press, 1988.

43. RAVINDRAW, A.; PHILLIPS, T.; SOLDBERG, J.J.. *Operations research: principles and practice*. John Wiley & Sons, 1987.
44. RUSSOMANO, V. H. *PCP: planejamento e controle da produção*. 5. ed. São Paulo: Pioneira, 1995.
45. SCHONBERGER, R. J. *Técnicas industriais japonesas: nove lições ocultas sobre a simplicidade*. São Paulo: Pioneira, 1984.
46. SHINGO, S. *Non-stock production: the Shingo system for continous improvement*. Cambridge: Productivity Press, 1988.
47. SHINGO, S. *A study of the Toyota Production System: from a Industrial Engineering viewpoint*. Cambridge: Productivity Press, 1989.
48. SKINNER, W. The focused factory. *Harvard Business Review*, v. 52 , n. 3, p. 113-121, may/june 1974.
49. SLACK, N. et al. *Administração da produção*. São Paulo: Atlas, 1997.
50. SOUZA, A. S. et al. Simulação no contexto de problemas mal estruturados. *Produção*, Belo Horizonte, v. 4, n.2, p. 109-116, nov. 1994.
51. STALK JUNIOR, G. *Time: the next source of competitive advantage*. Harvard Business Review, july/aug. 1988.
52. STAMM, H. Simulação industrial: uma avaliação de sua utilização no sudeste e sul do Brasil. Dissertação de mestrado. Florianópolis, 1998. Engenharia de Produção e Sistemas. Universidade Federal de Santa Catarina.
53. THOMPSON, M. B. Expanding simulation beyond planing and design. *Industrial Engineering*, v. 26, n. 10, p. 64-66, oct. 1994.
54. TIMMERSMANN, P. Modularity in CIM arquitetures. *Proc. of the 2nd International Conference on Computer Integrated Manufacturing*, Singapore, p. 229-239, September 1993.
55. WILLIAMS, E. J. Downtime data – its collection, analysis, and importance. *Proc. Of the Winter Simulation Conference*, p. 1040-1043, 1994.
56. WOMACK, J. P. et al. *A máquina que mudou o mundo*. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1994.
57. YAMAMOTO, E. M.; MOORI, R. G. Just-in-Time: filosofia e pressupostos. *Econ. Empresa*, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 83-88, jan./mar. 1996.

## **ANEXO 1**

### **Relatório da Simulação Modelo da Mini-Fábrica 3**

## Observações Anexo 1:

As estatísticas mostradas no relatório a seguir são resultado de uma simulação de 101.700 horas, com período de *warm-up* de 1700 horas. O tempo restante, 100.000 horas, foi “loteado” em 10 intervalos de 10.000 horas (*batches*). Para cada um dos itens do relatório, tem-se os números obtidos para cada um dos lotes, assim como um média deste e desvio, e em seguida, os limites do intervalo de confiança para a estatística em questão.

Os resultados estão subdivididos em algumas categorias, descritas abaixo:

*Locations* – estatísticas a respeito dos “locais” (estações de trabalho, filas, etc.), em termos de ocupação.

*Location States by Percentage* – fornece estatísticas a respeito do estado dos “locais”, em porcentagem. Separa “locais” de múltipla capacidade de “locais” de capacidade igual a 1.

*Failed Arrivals* – estatísticas de falha na chegada de entidades por falta de capacidade.

*Variables* – estatísticas sobre as variáveis importantes do sistema, no caso, as variáveis que monitoram o estoque de componentes para a montagem, índices e produção mensal de bombas.

*Logs* – variáveis especiais que monitoram o tempo gasto pelas entidades em determinado trecho do caminho. As estatísticas fornecem valores máximos, mínimos e médios.

-----  
 General Report

Output from C:\Modelos da Fabrica\modulos\montagem0710.mod

Date: Oct/08/1999 Time: 03:15:08 PM  
 -----

Scenario : Normal Run  
 Replication : 1 of 1  
 Period : All  
 Warmup Time : 1700 hr  
 Simulation Time : 101700 hr  
 -----

LOCATIONS

| Location Name       | Scheduled Hours | Capacity | Total Entries | Average Minutes Per Entry | Average Contents | Maximum Contents | Current Contents | % Util |            |
|---------------------|-----------------|----------|---------------|---------------------------|------------------|------------------|------------------|--------|------------|
| Caixa de pedidos    | 10000           | 999999   | 989           | 152.326582                | 0.251085         | 16               | 0                | 0.00   | (Batch 1)  |
| Caixa de pedidos    | 10000           | 999999   | 934           | 107.209261                | 0.166889         | 6                | 0                | 0.00   | (Batch 2)  |
| Caixa de pedidos    | 10000           | 999999   | 932           | 120.312436                | 0.186885         | 8                | 0                | 0.00   | (Batch 3)  |
| Caixa de pedidos    | 10000           | 999999   | 958           | 104.484562                | 0.166827         | 7                | 0                | 0.00   | (Batch 4)  |
| Caixa de pedidos    | 10000           | 999999   | 975           | 127.674821                | 0.207472         | 10               | 0                | 0.00   | (Batch 5)  |
| Caixa de pedidos    | 10000           | 999999   | 908           | 106.491101                | 0.161157         | 6                | 0                | 0.00   | (Batch 6)  |
| Caixa de pedidos    | 10000           | 999999   | 977           | 121.327738                | 0.197562         | 10               | 0                | 0.00   | (Batch 7)  |
| Caixa de pedidos    | 10000           | 999999   | 906           | 100.835662                | 0.152262         | 6                | 2                | 0.00   | (Batch 8)  |
| Caixa de pedidos    | 10000           | 999999   | 946           | 118.981025                | 0.187593         | 7                | 0                | 0.00   | (Batch 9)  |
| Caixa de pedidos    | 10000           | 999999   | 938           | 108.788870                | 0.170073         | 9                | 0                | 0.00   | (Batch 10) |
| Caixa de pedidos    | 10000           | 999999   | 946.3         | 116.843206                | 0.184781         | 8.5              | 0.2              | 0.00   | (Average)  |
| Caixa de pedidos    | 0               | 0        | 28.3668       | 15.227678                 | 0.028985         | 3.06413          | 0.632456         | 0.00   | (Std. Dev) |
| Caixa de pedidos    | 10000           | 999999   | 929.857       | 108.016551                | 0.167979         | 6.72389          | -0.1666          | 0.00   | (90% C.I.) |
| Caixa de pedidos    | 10000           | 999999   | 962.743       | 125.669861                | 0.201582         | 10.2761          | 0.5666           | 0.00   | (90% C.I.) |
| Caixa de pedidos    | 10000           | 999999   | 926.009       | 105.950738                | 0.164047         | 6.30821          | -0.2524          | 0.00   | (95% C.I.) |
| Caixa de pedidos    | 10000           | 999999   | 966.591       | 127.735674                | 0.205514         | 10.6918          | 0.6524           | 0.00   | (95% C.I.) |
| Caixa de pedidos    | 10000           | 999999   | 917.146       | 101.193108                | 0.154991         | 5.35087          | -0.45            | 0.00   | (99% C.I.) |
| Caixa de pedidos    | 10000           | 999999   | 975.454       | 132.493303                | 0.21457          | 11.6491          | 0.85             | 0.00   | (99% C.I.) |
| Caixa de Pedidos II | 10000           | 999999   | 1022          | 92.273816                 | 0.157173         | 6                | 0                | 0.00   | (Batch 1)  |
| Caixa de Pedidos II | 10000           | 999999   | 1122          | 130.194501                | 0.243464         | 17               | 0                | 0.00   | (Batch 2)  |
| Caixa de Pedidos II | 10000           | 999999   | 963           | 83.940156                 | 0.134724         | 6                | 0                | 0.00   | (Batch 3)  |

|                     |       |        |         |             |           |         |           |      |            |
|---------------------|-------|--------|---------|-------------|-----------|---------|-----------|------|------------|
| Caixa de Pedidos II | 10000 | 999999 | 1068    | 106.127734  | 0.188907  | 10      | 0         | 0.00 | (Batch 4)  |
| Caixa de Pedidos II | 10000 | 999999 | 1002    | 80.374132   | 0.134225  | 7       | 0         | 0.00 | (Batch 5)  |
| Caixa de Pedidos II | 10000 | 999999 | 1042    | 89.014635   | 0.154589  | 5       | 0         | 0.00 | (Batch 6)  |
| Caixa de Pedidos II | 10000 | 999999 | 1026    | 94.221969   | 0.16112   | 7       | 0         | 0.00 | (Batch 7)  |
| Caixa de Pedidos II | 10000 | 999999 | 994     | 79.480091   | 0.131672  | 9       | 0         | 0.00 | (Batch 8)  |
| Caixa de Pedidos II | 10000 | 999999 | 975     | 80.621641   | 0.13101   | 6       | 0         | 0.00 | (Batch 9)  |
| Caixa de Pedidos II | 10000 | 999999 | 1005    | 79.614995   | 0.133355  | 8       | 0         | 0.00 | (Batch 10) |
| Caixa de Pedidos II | 10000 | 999999 | 1021.9  | 91.586367   | 0.157024  | 8.1     | 0         | 0.00 | (Average)  |
| Caixa de Pedidos II | 0     | 0      | 46.7795 | 16.022040   | 0.0356025 | 3.47851 | 0         | 0.00 | (Std. Dev) |
| Caixa de Pedidos II | 10000 | 999999 | 994.784 | 82.299264   | 0.136387  | 6.0837  | 0         | 0.00 | (90% C.I.) |
| Caixa de Pedidos II | 10000 | 999999 | 1049.02 | 100.873470  | 0.177661  | 10.1163 | 0         | 0.00 | (90% C.I.) |
| Caixa de Pedidos II | 10000 | 999999 | 988.438 | 80.125686   | 0.131557  | 5.6118  | 0         | 0.00 | (95% C.I.) |
| Caixa de Pedidos II | 10000 | 999999 | 1055.36 | 103.047047  | 0.182491  | 10.5882 | 0         | 0.00 | (95% C.I.) |
| Caixa de Pedidos II | 10000 | 999999 | 973.823 | 75.119872   | 0.120434  | 4.525   | 0         | 0.00 | (99% C.I.) |
| Caixa de Pedidos II | 10000 | 999999 | 1069.98 | 108.052862  | 0.193614  | 11.675  | 0         | 0.00 | (99% C.I.) |
| retorna             | 10000 | 999999 | 167     | 2108.369401 | 0.586829  | 14      | 1         | 0.00 | (Batch 1)  |
| retorna             | 10000 | 999999 | 120     | 2057.672167 | 0.411534  | 8       | 0         | 0.00 | (Batch 2)  |
| retorna             | 10000 | 999999 | 148     | 1936.784324 | 0.47774   | 8       | 0         | 0.00 | (Batch 3)  |
| retorna             | 10000 | 999999 | 133     | 1850.519850 | 0.410199  | 7       | 0         | 0.00 | (Batch 4)  |
| retorna             | 10000 | 999999 | 185     | 1545.896757 | 0.476652  | 10      | 0         | 0.00 | (Batch 5)  |
| retorna             | 10000 | 999999 | 125     | 2342.969520 | 0.488119  | 6       | 2         | 0.00 | (Batch 6)  |
| retorna             | 10000 | 999999 | 154     | 2042.075909 | 0.524133  | 11      | 0         | 0.00 | (Batch 7)  |
| retorna             | 10000 | 999999 | 97      | 1244.521959 | 0.201198  | 6       | 0         | 0.00 | (Batch 8)  |
| retorna             | 10000 | 999999 | 120     | 1226.780083 | 0.245356  | 7       | 0         | 0.00 | (Batch 9)  |
| retorna             | 10000 | 999999 | 182     | 1197.622088 | 0.363279  | 9       | 5         | 0.00 | (Batch 10) |
| retorna             | 10000 | 999999 | 143.1   | 1755.321206 | 0.418504  | 8.6     | 0.8       | 0.00 | (Average)  |
| retorna             | 0     | 0      | 29.0687 | 419.095332  | 0.120921  | 2.50333 | 1.61933   | 0.00 | (Std. Dev) |
| retorna             | 10000 | 999999 | 126.25  | 1512.394485 | 0.348413  | 7.14896 | -0.138636 | 0.00 | (90% C.I.) |
| retorna             | 10000 | 999999 | 159.95  | 1998.247927 | 0.488595  | 10.051  | 1.73864   | 0.00 | (90% C.I.) |
| retorna             | 10000 | 999999 | 122.307 | 1455.539295 | 0.332008  | 6.80935 | -0.358317 | 0.00 | (95% C.I.) |
| retorna             | 10000 | 999999 | 163.893 | 2055.103117 | 0.504999  | 10.3907 | 1.95832   | 0.00 | (95% C.I.) |
| retorna             | 10000 | 999999 | 113.225 | 1324.600069 | 0.294229  | 6.02723 | -0.864248 | 0.00 | (99% C.I.) |
| retorna             | 10000 | 999999 | 172.975 | 2186.042342 | 0.542779  | 11.1728 | 2.46425   | 0.00 | (99% C.I.) |
| retorna ff          | 10000 | 999999 | 69      | 3569.720290 | 0.410518  | 6       | 0         | 0.00 | (Batch 1)  |
| retorna ff          | 10000 | 999999 | 240     | 4824.235083 | 1.92969   | 17      | 0         | 0.00 | (Batch 2)  |
| retorna ff          | 10000 | 999999 | 70      | 4108.956571 | 0.479378  | 4       | 3         | 0.00 | (Batch 3)  |
| retorna ff          | 10000 | 999999 | 144     | 5895.213819 | 1.41485   | 15      | 0         | 0.00 | (Batch 4)  |
| retorna ff          | 10000 | 999999 | 73      | 3577.357671 | 0.435245  | 8       | 0         | 0.00 | (Batch 5)  |
| retorna ff          | 10000 | 999999 | 57      | 5288.975789 | 0.502453  | 5       | 0         | 0.00 | (Batch 6)  |

|                     |             |        |         |             |           |         |            |       |            |
|---------------------|-------------|--------|---------|-------------|-----------|---------|------------|-------|------------|
| retorna ff          | 10000       | 999999 | 89      | 6244.986966 | 0.92634   | 7       | 0          | 0.00  | (Batch 7)  |
| retorna ff          | 10000       | 999999 | 105     | 5680.417714 | 0.994073  | 9       | 2          | 0.00  | (Batch 8)  |
| retorna ff          | 10000       | 999999 | 91      | 5169.960330 | 0.784111  | 7       | 0          | 0.00  | (Batch 9)  |
| retorna ff          | 10000       | 999999 | 83      | 3626.089518 | 0.501609  | 8       | 0          | 0.00  | (Batch 10) |
| retorna ff          | 10000       | 999999 | 102.1   | 4798.591375 | 0.837827  | 8.6     | 0.5        | 0.00  | (Average)  |
| retorna ff          | 0           | 0      | 54.2083 | 1016.704957 | 0.500992  | 4.19524 | 1.08012    | 0.00  | (Std. Dev) |
| retorna ff          | 10000       | 999999 | 70.6784 | 4209.262927 | 0.54743   | 6.16825 | -0.126089  | 0.00  | (90% C.I.) |
| retorna ff          | 10000       | 999999 | 133.522 | 5387.919824 | 1.12822   | 11.0317 | 1.12609    | 0.00  | (90% C.I.) |
| retorna ff          | 10000       | 999999 | 63.3244 | 4071.334992 | 0.479464  | 5.59912 | -0.27262   | 0.00  | (95% C.I.) |
| retorna ff          | 10000       | 999999 | 140.876 | 5525.847758 | 1.19619   | 11.6009 | 1.27262    | 0.00  | (95% C.I.) |
| retorna ff          | 10000       | 999999 | 46.3879 | 3753.682779 | 0.322938  | 4.28839 | -0.610086  | 0.00  | (99% C.I.) |
| retorna ff          | 10000       | 999999 | 157.812 | 5843.499972 | 1.35272   | 12.9116 | 1.61009    | 0.00  | (99% C.I.) |
| Ilha de Montagem    | 4165        | 2      | 864     | 202.966435  | 0.701733  | 2       | 2          | 35.09 | (Batch 1)  |
| Ilha de Montagem    | 4165        | 2      | 850     | 214.158824  | 0.728431  | 2       | 1          | 36.42 | (Batch 2)  |
| Ilha de Montagem    | 4170        | 2      | 827     | 208.513906  | 0.689213  | 2       | 0          | 34.46 | (Batch 3)  |
| Ilha de Montagem    | 4165        | 2      | 865     | 208.954913  | 0.723273  | 2       | 1          | 36.16 | (Batch 4)  |
| Ilha de Montagem    | 4165        | 2      | 840     | 207.248810  | 0.696635  | 2       | 0          | 34.83 | (Batch 5)  |
| Ilha de Montagem    | 4170        | 2      | 819     | 210.916972  | 0.690412  | 2       | 0          | 34.52 | (Batch 6)  |
| Ilha de Montagem    | 4165        | 2      | 866     | 207.136259  | 0.717807  | 2       | 1          | 35.89 | (Batch 7)  |
| Ilha de Montagem    | 4165        | 2      | 840     | 210.475857  | 0.707482  | 2       | 1          | 35.37 | (Batch 8)  |
| Ilha de Montagem    | 4170        | 2      | 858     | 204.269114  | 0.700491  | 2       | 1          | 35.02 | (Batch 9)  |
| Ilha de Montagem    | 4165        | 2      | 806     | 201.529007  | 0.64999   | 2       | 0          | 32.50 | (Batch 10) |
| Ilha de Montagem    | 4166.5      | 2      | 843.5   | 207.617010  | 0.700547  | 2       | 0.7        | 35.03 | (Average)  |
| Ilha de Montagem    | 2.415229458 | 0      | 20.9351 | 3.868953    | 0.0222211 | 0       | 0.674949   | 1.11  | (Std. Dev) |
| Ilha de Montagem    | 4165.100023 | 2      | 831.365 | 205.374388  | 0.687666  | 2       | 0.308769   | 34.38 | (90% C.I.) |
| Ilha de Montagem    | 4167.899977 | 2      | 855.635 | 209.859631  | 0.713427  | 2       | 1.09123    | 35.67 | (90% C.I.) |
| Ilha de Montagem    | 4164.772369 | 2      | 828.525 | 204.849519  | 0.684652  | 2       | 0.217204   | 34.23 | (95% C.I.) |
| Ilha de Montagem    | 4168.227631 | 2      | 858.475 | 210.384500  | 0.716442  | 2       | 1.1828     | 35.82 | (95% C.I.) |
| Ilha de Montagem    | 4164.017771 | 2      | 821.984 | 203.640731  | 0.677709  | 2       | 0.00632821 | 33.89 | (99% C.I.) |
| Ilha de Montagem    | 4168.982229 | 2      | 865.016 | 211.593289  | 0.723384  | 2       | 1.39367    | 36.17 | (99% C.I.) |
| Ilha de Montagem FF | 4165        | 1      | 966     | 60.004141   | 0.231949  | 1       | 0          | 23.19 | (Batch 1)  |
| Ilha de Montagem FF | 4165        | 1      | 902     | 59.430155   | 0.21451   | 1       | 0          | 21.45 | (Batch 2)  |
| Ilha de Montagem FF | 4170        | 1      | 908     | 60.164097   | 0.218341  | 1       | 0          | 21.83 | (Batch 3)  |
| Ilha de Montagem FF | 4165        | 1      | 945     | 58.649735   | 0.221785  | 1       | 0          | 22.18 | (Batch 4)  |
| Ilha de Montagem FF | 4165        | 1      | 944     | 60.039195   | 0.226799  | 1       | 0          | 22.68 | (Batch 5)  |
| Ilha de Montagem FF | 4170        | 1      | 1001    | 59.559441   | 0.238285  | 1       | 0          | 23.83 | (Batch 6)  |
| Ilha de Montagem FF | 4165        | 1      | 952     | 59.710084   | 0.227467  | 1       | 0          | 22.75 | (Batch 7)  |
| Ilha de Montagem FF | 4165        | 1      | 901     | 61.584906   | 0.222041  | 1       | 0          | 22.20 | (Batch 8)  |
| Ilha de Montagem FF | 4170        | 1      | 906     | 60.477925   | 0.218997  | 1       | 0          | 21.90 | (Batch 9)  |

|                     |             |   |         |            |            |   |          |       |            |
|---------------------|-------------|---|---------|------------|------------|---|----------|-------|------------|
| Ilha de Montagem FF | 4165        | 1 | 937     | 61.252935  | 0.229668   | 1 | 0        | 22.97 | (Batch 10) |
| Ilha de Montagem FF | 4166.5      | 1 | 936.2   | 60.087261  | 0.224984   | 1 | 0        | 22.50 | (Average)  |
| Ilha de Montagem FF | 2.415229458 | 0 | 32.6456 | 0.862078   | 0.00719112 | 0 | 0        | 0.72  | (Std. Dev) |
| Ilha de Montagem FF | 4165.100023 | 1 | 917.277 | 59.587562  | 0.220816   | 1 | 0        | 22.08 | (90% C.I.) |
| Ilha de Montagem FF | 4167.899977 | 1 | 955.123 | 60.586961  | 0.229152   | 1 | 0        | 22.92 | (90% C.I.) |
| Ilha de Montagem FF | 4164.772369 | 1 | 912.848 | 59.470611  | 0.21984    | 1 | 0        | 21.98 | (95% C.I.) |
| Ilha de Montagem FF | 4168.227631 | 1 | 959.552 | 60.703912  | 0.230128   | 1 | 0        | 23.01 | (95% C.I.) |
| Ilha de Montagem FF | 4164.017771 | 1 | 902.649 | 59.201269  | 0.217594   | 1 | 0        | 21.76 | (99% C.I.) |
| Ilha de Montagem FF | 4168.982229 | 1 | 969.751 | 60.973253  | 0.232375   | 1 | 0        | 23.24 | (99% C.I.) |
| Teste G2            | 4165        | 1 | 439     | 286.045558 | 0.502497   | 1 | 0        | 50.25 | (Batch 1)  |
| Teste G2            | 4165        | 1 | 460     | 290.782391 | 0.535254   | 1 | 1        | 53.53 | (Batch 2)  |
| Teste G2            | 4170        | 1 | 445     | 285.568539 | 0.507906   | 1 | 1        | 50.79 | (Batch 3)  |
| Teste G2            | 4165        | 1 | 467     | 281.511713 | 0.526074   | 1 | 1        | 52.61 | (Batch 4)  |
| Teste G2            | 4165        | 1 | 459     | 280.884880 | 0.515911   | 1 | 1        | 51.59 | (Batch 5)  |
| Teste G2            | 4170        | 1 | 436     | 295.841445 | 0.515535   | 1 | 1        | 51.55 | (Batch 6)  |
| Teste G2            | 4165        | 1 | 462     | 288.800866 | 0.533918   | 1 | 1        | 53.39 | (Batch 7)  |
| Teste G2            | 4165        | 1 | 442     | 294.115611 | 0.520204   | 1 | 0        | 52.02 | (Batch 8)  |
| Teste G2            | 4170        | 1 | 433     | 294.133949 | 0.509033   | 1 | 0        | 50.90 | (Batch 9)  |
| Teste G2            | 4165        | 1 | 418     | 284.569139 | 0.47599    | 1 | 1        | 47.60 | (Batch 10) |
| Teste G2            | 4166.5      | 1 | 446.1   | 288.225409 | 0.514232   | 1 | 0.7      | 51.42 | (Average)  |
| Teste G2            | 2.415229458 | 0 | 15.5667 | 5.360501   | 0.0172468  | 0 | 0.483046 | 1.72  | (Std. Dev) |
| Teste G2            | 4165.100023 | 1 | 437.077 | 285.118219 | 0.504235   | 1 | 0.420005 | 50.42 | (90% C.I.) |
| Teste G2            | 4167.899977 | 1 | 455.123 | 291.332599 | 0.524229   | 1 | 0.979995 | 52.42 | (90% C.I.) |
| Teste G2            | 4164.772369 | 1 | 434.965 | 284.391004 | 0.501895   | 1 | 0.354474 | 50.19 | (95% C.I.) |
| Teste G2            | 4168.227631 | 1 | 457.235 | 292.059814 | 0.526569   | 1 | 1.04553  | 52.66 | (95% C.I.) |
| Teste G2            | 4164.017771 | 1 | 430.101 | 282.716207 | 0.496507   | 1 | 0.203554 | 49.65 | (99% C.I.) |
| Teste G2            | 4168.982229 | 1 | 462.099 | 293.734612 | 0.531957   | 1 | 1.19645  | 53.20 | (99% C.I.) |
| Teste G3            | 4165        | 1 | 423     | 49.222222  | 0.0833173  | 1 | 0        | 8.33  | (Batch 1)  |
| Teste G3            | 4165        | 1 | 387     | 52.379845  | 0.0811164  | 1 | 0        | 8.11  | (Batch 2)  |
| Teste G3            | 4170        | 1 | 385     | 51.836364  | 0.0797642  | 1 | 0        | 7.98  | (Batch 3)  |
| Teste G3            | 4165        | 1 | 398     | 51.824121  | 0.082537   | 1 | 0        | 8.25  | (Batch 4)  |
| Teste G3            | 4165        | 1 | 382     | 50.910995  | 0.0778231  | 1 | 0        | 7.78  | (Batch 5)  |
| Teste G3            | 4170        | 1 | 384     | 51.869792  | 0.0796083  | 1 | 0        | 7.96  | (Batch 6)  |
| Teste G3            | 4165        | 1 | 404     | 50.534653  | 0.0816967  | 1 | 0        | 8.17  | (Batch 7)  |
| Teste G3            | 4165        | 1 | 398     | 50.452261  | 0.0803521  | 1 | 0        | 8.04  | (Batch 8)  |
| Teste G3            | 4170        | 1 | 424     | 50.141509  | 0.084972   | 1 | 0        | 8.50  | (Batch 9)  |
| Teste G3            | 4165        | 1 | 386     | 50.746114  | 0.0783834  | 1 | 0        | 7.84  | (Batch 10) |
| Teste G3            | 4166.5      | 1 | 397.1   | 50.991788  | 0.0809571  | 1 | 0        | 8.10  | (Average)  |
| Teste G3            | 2.415229458 | 0 | 15.6876 | 0.973251   | 0.00223142 | 0 | 0        | 0.22  | (Std. Dev) |

|                  |             |        |         |             |            |         |          |       |            |
|------------------|-------------|--------|---------|-------------|------------|---------|----------|-------|------------|
| Teste G3         | 4165.100023 | 1      | 388.007 | 50.427647   | 0.0796636  | 1       | 0        | 7.97  | (90% C.I.) |
| Teste G3         | 4167.899977 | 1      | 406.193 | 51.555928   | 0.0822505  | 1       | 0        | 8.23  | (90% C.I.) |
| Teste G3         | 4164.772369 | 1      | 385.879 | 50.295614   | 0.0793609  | 1       | 0        | 7.94  | (95% C.I.) |
| Teste G3         | 4168.227631 | 1      | 408.321 | 51.687961   | 0.0825532  | 1       | 0        | 8.26  | (95% C.I.) |
| Teste G3         | 4164.017771 | 1      | 380.977 | 49.991538   | 0.0786637  | 1       | 0        | 7.87  | (99% C.I.) |
| Teste G3         | 4168.982229 | 1      | 413.223 | 51.992037   | 0.0832504  | 1       | 0        | 8.33  | (99% C.I.) |
| Teste FF         | 4165        | 1      | 966     | 35.891304   | 0.138739   | 1       | 0        | 13.87 | (Batch 1)  |
| Teste FF         | 4165        | 1      | 902     | 36.074279   | 0.130208   | 1       | 0        | 13.02 | (Batch 2)  |
| Teste FF         | 4170        | 1      | 908     | 36.665198   | 0.133062   | 1       | 0        | 13.31 | (Batch 3)  |
| Teste FF         | 4165        | 1      | 945     | 35.931217   | 0.135874   | 1       | 0        | 13.59 | (Batch 4)  |
| Teste FF         | 4165        | 1      | 944     | 36.047669   | 0.13617    | 1       | 0        | 13.62 | (Batch 5)  |
| Teste FF         | 4170        | 1      | 1001    | 35.986064   | 0.143973   | 1       | 1        | 14.40 | (Batch 6)  |
| Teste FF         | 4165        | 1      | 953     | 36.208762   | 0.138083   | 1       | 0        | 13.81 | (Batch 7)  |
| Teste FF         | 4165        | 1      | 901     | 37.016648   | 0.133461   | 1       | 0        | 13.35 | (Batch 8)  |
| Teste FF         | 4170        | 1      | 906     | 36.650110   | 0.132714   | 1       | 0        | 13.27 | (Batch 9)  |
| Teste FF         | 4165        | 1      | 937     | 36.726788   | 0.137707   | 1       | 0        | 13.77 | (Batch 10) |
| Teste FF         | 4166.5      | 1      | 936.3   | 36.319804   | 0.135999   | 1       | 0.1      | 13.60 | (Average)  |
| Teste FF         | 2.415229458 | 0      | 32.7008 | 0.404460    | 0.00391289 | 0       | 0.316228 | 0.39  | (Std. Dev) |
| Teste FF         | 4165.100023 | 1      | 917.345 | 36.085361   | 0.133731   | 1       | -0.0833  | 13.37 | (90% C.I.) |
| Teste FF         | 4167.899977 | 1      | 955.255 | 36.554247   | 0.138267   | 1       | 0.2833   | 13.83 | (90% C.I.) |
| Teste FF         | 4164.772369 | 1      | 912.909 | 36.030491   | 0.1332     | 1       | -0.1262  | 13.32 | (95% C.I.) |
| Teste FF         | 4168.227631 | 1      | 959.691 | 36.609117   | 0.138798   | 1       | 0.3262   | 13.88 | (95% C.I.) |
| Teste FF         | 4164.017771 | 1      | 902.692 | 35.904124   | 0.131978   | 1       | -0.225   | 13.20 | (99% C.I.) |
| Teste FF         | 4168.982229 | 1      | 969.908 | 36.735484   | 0.140021   | 1       | 0.425    | 14.00 | (99% C.I.) |
| ilha de carcacas | 10000       | 999999 | 1099    | 6570.487370 | 12.0349    | 26      | 11       | 0.00  | (Batch 1)  |
| ilha de carcacas | 10000       | 999999 | 1228    | 6486.076336 | 13.2748    | 27      | 20       | 0.00  | (Batch 2)  |
| ilha de carcacas | 10000       | 999999 | 1179    | 6508.098541 | 12.7884    | 28      | 15       | 0.00  | (Batch 3)  |
| ilha de carcacas | 10000       | 999999 | 1214    | 6511.536129 | 13.175     | 30      | 17       | 0.00  | (Batch 4)  |
| ilha de carcacas | 10000       | 999999 | 1184    | 6513.863176 | 12.854     | 33      | 10       | 0.00  | (Batch 5)  |
| ilha de carcacas | 10000       | 999999 | 1115    | 6526.244484 | 12.1279    | 25      | 9        | 0.00  | (Batch 6)  |
| ilha de carcacas | 10000       | 999999 | 1223    | 6543.097580 | 13.337     | 29      | 10       | 0.00  | (Batch 7)  |
| ilha de carcacas | 10000       | 999999 | 1081    | 6574.254866 | 11.8446    | 38      | 4        | 0.00  | (Batch 8)  |
| ilha de carcacas | 10000       | 999999 | 1147    | 6539.319364 | 12.501     | 25      | 7        | 0.00  | (Batch 9)  |
| ilha de carcacas | 10000       | 999999 | 1092    | 6511.662372 | 11.8512    | 26      | 17       | 0.00  | (Batch 10) |
| ilha de carcacas | 10000       | 999999 | 1156.2  | 6528.464022 | 12.5789    | 28.7    | 12       | 0.00  | (Average)  |
| ilha de carcacas | 0           | 0      | 56.8444 | 28.270856   | 0.587651   | 4.11096 | 5.05525  | 0.00  | (Std. Dev) |
| ilha de carcacas | 10000       | 999999 | 1123.25 | 6512.076948 | 12.2383    | 26.3171 | 9.06975  | 0.00  | (90% C.I.) |
| ilha de carcacas | 10000       | 999999 | 1189.15 | 6544.851096 | 12.9195    | 31.0829 | 14.9303  | 0.00  | (90% C.I.) |
| ilha de carcacas | 10000       | 999999 | 1115.54 | 6508.241675 | 12.1586    | 25.7594 | 8.38394  | 0.00  | (95% C.I.) |

LOCATION STATES BY PERCENTAGE (Multiple Capacity)

| Location Name       | Scheduled Hours | % Empty | % Partially Occupied | % Full | % Down |                 |
|---------------------|-----------------|---------|----------------------|--------|--------|-----------------|
| Caixa de pedidos    | 10000           | 86.26   | 13.74                | 0.00   | 0.00   | (Batch 1)       |
| Caixa de pedidos    | 10000           | 88.31   | 11.69                | 0.00   | 0.00   | (Batch 2)       |
| Caixa de pedidos    | 10000           | 86.78   | 13.22                | 0.00   | 0.00   | (Batch 3)       |
| Caixa de pedidos    | 10000           | 88.00   | 12.00                | 0.00   | 0.00   | (Batch 4)       |
| Caixa de pedidos    | 10000           | 86.64   | 13.36                | 0.00   | 0.00   | (Batch 5)       |
| Caixa de pedidos    | 10000           | 88.08   | 11.92                | 0.00   | 0.00   | (Batch 6)       |
| Caixa de pedidos    | 10000           | 87.55   | 12.45                | 0.00   | 0.00   | (Batch 7)       |
| Caixa de pedidos    | 10000           | 88.30   | 11.70                | 0.00   | 0.00   | (Batch 8)       |
| Caixa de pedidos    | 10000           | 86.89   | 13.11                | 0.00   | 0.00   | (Batch 9)       |
| Caixa de pedidos    | 10000           | 88.85   | 11.15                | 0.00   | 0.00   | (Batch 10)      |
| Caixa de pedidos    | 10000           | 87.57   | 12.43                | 0.00   | 0.00   | (Average)       |
| Caixa de pedidos    | 0               | 0.87    | 0.87                 | 0.00   | 0.00   | (Std. Dev.)     |
| Caixa de pedidos    | 10000           | 87.06   | 11.93                | 0.00   | 0.00   | (90% C.I. Low)  |
| Caixa de pedidos    | 10000           | 88.07   | 12.94                | 0.00   | 0.00   | (90% C.I. High) |
| Caixa de pedidos    | 10000           | 86.94   | 11.81                | 0.00   | 0.00   | (95% C.I. Low)  |
| Caixa de pedidos    | 10000           | 88.19   | 13.06                | 0.00   | 0.00   | (95% C.I. High) |
| Caixa de pedidos    | 10000           | 86.67   | 11.54                | 0.00   | 0.00   | (99% C.I. Low)  |
| Caixa de pedidos    | 10000           | 88.46   | 13.33                | 0.00   | 0.00   | (99% C.I. High) |
| Caixa de Pedidos II | 10000           | 88.53   | 11.47                | 0.00   | 0.00   | (Batch 1)       |
| Caixa de Pedidos II | 10000           | 89.37   | 10.63                | 0.00   | 0.00   | (Batch 2)       |
| Caixa de Pedidos II | 10000           | 90.20   | 9.80                 | 0.00   | 0.00   | (Batch 3)       |
| Caixa de Pedidos II | 10000           | 89.72   | 10.28                | 0.00   | 0.00   | (Batch 4)       |
| Caixa de Pedidos II | 10000           | 90.13   | 9.87                 | 0.00   | 0.00   | (Batch 5)       |
| Caixa de Pedidos II | 10000           | 88.30   | 11.70                | 0.00   | 0.00   | (Batch 6)       |
| Caixa de Pedidos II | 10000           | 89.30   | 10.70                | 0.00   | 0.00   | (Batch 7)       |
| Caixa de Pedidos II | 10000           | 91.10   | 8.90                 | 0.00   | 0.00   | (Batch 8)       |
| Caixa de Pedidos II | 10000           | 90.05   | 9.95                 | 0.00   | 0.00   | (Batch 9)       |
| Caixa de Pedidos II | 10000           | 90.92   | 9.08                 | 0.00   | 0.00   | (Batch 10)      |
| Caixa de Pedidos II | 10000           | 89.76   | 10.24                | 0.00   | 0.00   | (Average)       |
| Caixa de Pedidos II | 0               | 0.92    | 0.92                 | 0.00   | 0.00   | (Std. Dev.)     |
| Caixa de Pedidos II | 10000           | 89.23   | 9.71                 | 0.00   | 0.00   | (90% C.I. Low)  |

|                     |       |       |       |      |  |      |                 |
|---------------------|-------|-------|-------|------|--|------|-----------------|
| Caixa de Pedidos II | 10000 | 90.29 | 10.77 | 0.00 |  | 0.00 | (90% C.I. High) |
| Caixa de Pedidos II | 10000 | 89.11 | 9.58  | 0.00 |  | 0.00 | (95% C.I. Low)  |
| Caixa de Pedidos II | 10000 | 90.42 | 10.89 | 0.00 |  | 0.00 | (95% C.I. High) |
| Caixa de Pedidos II | 10000 | 88.82 | 9.30  | 0.00 |  | 0.00 | (99% C.I. Low)  |
| Caixa de Pedidos II | 10000 | 90.70 | 11.18 | 0.00 |  | 0.00 | (99% C.I. High) |
| retorna             | 10000 | 78.14 | 21.86 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 1)       |
| retorna             | 10000 | 82.06 | 17.94 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 2)       |
| retorna             | 10000 | 80.52 | 19.48 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 3)       |
| retorna             | 10000 | 79.88 | 20.12 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 4)       |
| retorna             | 10000 | 82.17 | 17.83 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 5)       |
| retorna             | 10000 | 75.19 | 24.81 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 6)       |
| retorna             | 10000 | 79.05 | 20.95 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 7)       |
| retorna             | 10000 | 85.77 | 14.23 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 8)       |
| retorna             | 10000 | 88.25 | 11.75 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 9)       |
| retorna             | 10000 | 82.91 | 17.09 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 10)      |
| retorna             | 10000 | 81.39 | 18.61 | 0.00 |  | 0.00 | (Average)       |
| retorna             | 0     | 3.76  | 3.76  | 0.00 |  | 0.00 | (Std. Dev.)     |
| retorna             | 10000 | 79.21 | 16.43 | 0.00 |  | 0.00 | (90% C.I. Low)  |
| retorna             | 10000 | 83.57 | 20.79 | 0.00 |  | 0.00 | (90% C.I. High) |
| retorna             | 10000 | 78.70 | 15.92 | 0.00 |  | 0.00 | (95% C.I. Low)  |
| retorna             | 10000 | 84.08 | 21.30 | 0.00 |  | 0.00 | (95% C.I. High) |
| retorna             | 10000 | 77.53 | 14.74 | 0.00 |  | 0.00 | (99% C.I. Low)  |
| retorna             | 10000 | 85.26 | 22.47 | 0.00 |  | 0.00 | (99% C.I. High) |
| retorna ff          | 10000 | 75.80 | 24.20 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 1)       |
| retorna ff          | 10000 | 68.16 | 31.84 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 2)       |
| retorna ff          | 10000 | 68.32 | 31.68 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 3)       |
| retorna ff          | 10000 | 69.73 | 30.27 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 4)       |
| retorna ff          | 10000 | 78.38 | 21.62 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 5)       |
| retorna ff          | 10000 | 76.21 | 23.79 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 6)       |
| retorna ff          | 10000 | 57.19 | 42.81 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 7)       |
| retorna ff          | 10000 | 63.16 | 36.84 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 8)       |
| retorna ff          | 10000 | 68.35 | 31.65 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 9)       |
| retorna ff          | 10000 | 78.54 | 21.46 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 10)      |
| retorna ff          | 10000 | 70.38 | 29.62 | 0.00 |  | 0.00 | (Average)       |
| retorna ff          | 0     | 6.94  | 6.94  | 0.00 |  | 0.00 | (Std. Dev.)     |
| retorna ff          | 10000 | 66.36 | 25.59 | 0.00 |  | 0.00 | (90% C.I. Low)  |
| retorna ff          | 10000 | 74.41 | 33.64 | 0.00 |  | 0.00 | (90% C.I. High) |
| retorna ff          | 10000 | 65.42 | 24.65 | 0.00 |  | 0.00 | (95% C.I. Low)  |
| retorna ff          | 10000 | 75.35 | 34.58 | 0.00 |  | 0.00 | (95% C.I. High) |

|                  |             |       |        |       |      |                 |
|------------------|-------------|-------|--------|-------|------|-----------------|
| retorna ff       | 10000       | 63.25 | 22.48  | 0.00  | 0.00 | (99% C.I. Low)  |
| retorna ff       | 10000       | 77.52 | 36.75  | 0.00  | 0.00 | (99% C.I. High) |
| Ilha de Montagem | 4165        | 49.37 | 31.08  | 19.55 | 0.00 | (Batch 1)       |
| Ilha de Montagem | 4165        | 49.19 | 28.78  | 22.03 | 0.00 | (Batch 2)       |
| Ilha de Montagem | 4170        | 49.72 | 31.63  | 18.64 | 0.00 | (Batch 3)       |
| Ilha de Montagem | 4165        | 48.07 | 31.54  | 20.40 | 0.00 | (Batch 4)       |
| Ilha de Montagem | 4165        | 49.47 | 31.40  | 19.13 | 0.00 | (Batch 5)       |
| Ilha de Montagem | 4170        | 49.98 | 31.01  | 19.02 | 0.00 | (Batch 6)       |
| Ilha de Montagem | 4165        | 47.91 | 32.39  | 19.70 | 0.00 | (Batch 7)       |
| Ilha de Montagem | 4165        | 48.32 | 32.62  | 19.06 | 0.00 | (Batch 8)       |
| Ilha de Montagem | 4170        | 49.63 | 30.69  | 19.68 | 0.00 | (Batch 9)       |
| Ilha de Montagem | 4165        | 53.62 | 27.77  | 18.62 | 0.00 | (Batch 10)      |
| Ilha de Montagem | 4166.5      | 49.53 | 30.89  | 19.58 | 0.00 | (Average)       |
| Ilha de Montagem | 2.415229458 | 1.61  | 1.52   | 1.02  | 0.00 | (Std. Dev.)     |
| Ilha de Montagem | 4165.100023 | 48.59 | 30.01  | 18.99 | 0.00 | (90% C.I. Low)  |
| Ilha de Montagem | 4167.899977 | 50.46 | 31.77  | 20.17 | 0.00 | (90% C.I. High) |
| Ilha de Montagem | 4164.772369 | 48.38 | 29.80  | 18.86 | 0.00 | (95% C.I. Low)  |
| Ilha de Montagem | 4168.227631 | 50.68 | 31.98  | 20.31 | 0.00 | (95% C.I. High) |
| Ilha de Montagem | 4164.017771 | 47.87 | 29.33  | 18.54 | 0.00 | (99% C.I. Low)  |
| Ilha de Montagem | 4168.982229 | 51.18 | 32.45  | 20.63 | 0.00 | (99% C.I. High) |
| ilha de carcacas | 10000       | 0.06  | 99.94  | 0.00  | 0.00 | (Batch 1)       |
| ilha de carcacas | 10000       | 0.00  | 100.00 | 0.00  | 0.00 | (Batch 2)       |
| ilha de carcacas | 10000       | 0.28  | 99.72  | 0.00  | 0.00 | (Batch 3)       |
| ilha de carcacas | 10000       | 0.00  | 100.00 | 0.00  | 0.00 | (Batch 4)       |
| ilha de carcacas | 10000       | 0.00  | 100.00 | 0.00  | 0.00 | (Batch 5)       |
| ilha de carcacas | 10000       | 0.00  | 100.00 | 0.00  | 0.00 | (Batch 6)       |
| ilha de carcacas | 10000       | 0.00  | 100.00 | 0.00  | 0.00 | (Batch 7)       |
| ilha de carcacas | 10000       | 0.00  | 100.00 | 0.00  | 0.00 | (Batch 8)       |
| ilha de carcacas | 10000       | 0.00  | 100.00 | 0.00  | 0.00 | (Batch 9)       |
| ilha de carcacas | 10000       | 0.00  | 100.00 | 0.00  | 0.00 | (Batch 10)      |
| ilha de carcacas | 10000       | 0.03  | 99.97  | 0.00  | 0.00 | (Average)       |
| ilha de carcacas | 0           | 0.09  | 0.09   | 0.00  | 0.00 | (Std. Dev.)     |
| ilha de carcacas | 10000       | -0.02 | 99.91  | 0.00  | 0.00 | (90% C.I. Low)  |
| ilha de carcacas | 10000       | 0.09  | 100.02 | 0.00  | 0.00 | (90% C.I. High) |
| ilha de carcacas | 10000       | -0.03 | 99.90  | 0.00  | 0.00 | (95% C.I. Low)  |
| ilha de carcacas | 10000       | 0.10  | 100.03 | 0.00  | 0.00 | (95% C.I. High) |
| ilha de carcacas | 10000       | -0.06 | 99.87  | 0.00  | 0.00 | (99% C.I. Low)  |
| ilha de carcacas | 10000       | 0.13  | 100.06 | 0.00  | 0.00 | (99% C.I. High) |

|                              |       |       |        |      |  |      |                 |
|------------------------------|-------|-------|--------|------|--|------|-----------------|
| ilha de engrenagens retifica | 10000 | 0.00  | 100.00 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 1)       |
| ilha de engrenagens retifica | 10000 | 0.00  | 100.00 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 2)       |
| ilha de engrenagens retifica | 10000 | 0.00  | 100.00 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 3)       |
| ilha de engrenagens retifica | 10000 | 0.00  | 100.00 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 4)       |
| ilha de engrenagens retifica | 10000 | 0.00  | 100.00 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 5)       |
| ilha de engrenagens retifica | 10000 | 0.00  | 100.00 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 6)       |
| ilha de engrenagens retifica | 10000 | 0.00  | 100.00 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 7)       |
| ilha de engrenagens retifica | 10000 | 0.00  | 100.00 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 8)       |
| ilha de engrenagens retifica | 10000 | 0.00  | 100.00 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 9)       |
| ilha de engrenagens retifica | 10000 | 0.00  | 100.00 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 10)      |
| ilha de engrenagens retifica | 10000 | 0.00  | 100.00 | 0.00 |  | 0.00 | (Average)       |
| ilha de engrenagens retifica | 0     | 0.00  | 0.00   | 0.00 |  | 0.00 | (Std. Dev.)     |
| ilha de engrenagens retifica | 10000 | 0.00  | 100.00 | 0.00 |  | 0.00 | (90% C.I. Low)  |
| ilha de engrenagens retifica | 10000 | 0.00  | 100.00 | 0.00 |  | 0.00 | (90% C.I. High) |
| ilha de engrenagens retifica | 10000 | 0.00  | 100.00 | 0.00 |  | 0.00 | (95% C.I. Low)  |
| ilha de engrenagens retifica | 10000 | 0.00  | 100.00 | 0.00 |  | 0.00 | (95% C.I. High) |
| ilha de engrenagens retifica | 10000 | 0.00  | 100.00 | 0.00 |  | 0.00 | (99% C.I. Low)  |
| ilha de engrenagens retifica | 10000 | 0.00  | 100.00 | 0.00 |  | 0.00 | (99% C.I. High) |
|                              |       |       |        |      |  |      |                 |
| ilha de fundidos             | 10000 | 0.00  | 100.00 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 1)       |
| ilha de fundidos             | 10000 | 0.29  | 99.71  | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 2)       |
| ilha de fundidos             | 10000 | 0.00  | 100.00 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 3)       |
| ilha de fundidos             | 10000 | 0.00  | 100.00 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 4)       |
| ilha de fundidos             | 10000 | 0.00  | 100.00 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 5)       |
| ilha de fundidos             | 10000 | 0.00  | 100.00 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 6)       |
| ilha de fundidos             | 10000 | 0.00  | 100.00 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 7)       |
| ilha de fundidos             | 10000 | 0.00  | 100.00 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 8)       |
| ilha de fundidos             | 10000 | 0.52  | 99.48  | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 9)       |
| ilha de fundidos             | 10000 | 0.00  | 100.00 | 0.00 |  | 0.00 | (Batch 10)      |
| ilha de fundidos             | 10000 | 0.08  | 99.92  | 0.00 |  | 0.00 | (Average)       |
| ilha de fundidos             | 0     | 0.18  | 0.18   | 0.00 |  | 0.00 | (Std. Dev.)     |
| ilha de fundidos             | 10000 | -0.02 | 99.81  | 0.00 |  | 0.00 | (90% C.I. Low)  |
| ilha de fundidos             | 10000 | 0.19  | 100.02 | 0.00 |  | 0.00 | (90% C.I. High) |
| ilha de fundidos             | 10000 | -0.05 | 99.79  | 0.00 |  | 0.00 | (95% C.I. Low)  |
| ilha de fundidos             | 10000 | 0.21  | 100.05 | 0.00 |  | 0.00 | (95% C.I. High) |
| ilha de fundidos             | 10000 | -0.10 | 99.73  | 0.00 |  | 0.00 | (99% C.I. Low)  |
| ilha de fundidos             | 10000 | 0.27  | 100.10 | 0.00 |  | 0.00 | (99% C.I. High) |

LOCATION STATES BY PERCENTAGE (Single Capacity/Tanks)

| Location<br>Name    | Scheduled<br>Hours | %<br>Operation | %<br>Setup | %<br>Idle | %<br>Waiting | %<br>Blocked | %<br>Down |                 |
|---------------------|--------------------|----------------|------------|-----------|--------------|--------------|-----------|-----------------|
| Ilha de Montagem FF | 4165               | 23.19          | 0.00       | 76.81     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (Batch 1)       |
| Ilha de Montagem FF | 4165               | 21.45          | 0.00       | 78.55     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (Batch 2)       |
| Ilha de Montagem FF | 4170               | 21.83          | 0.00       | 78.17     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (Batch 3)       |
| Ilha de Montagem FF | 4165               | 22.18          | 0.00       | 77.82     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (Batch 4)       |
| Ilha de Montagem FF | 4165               | 22.68          | 0.00       | 77.32     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (Batch 5)       |
| Ilha de Montagem FF | 4170               | 23.83          | 0.00       | 76.17     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (Batch 6)       |
| Ilha de Montagem FF | 4165               | 22.75          | 0.00       | 77.25     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (Batch 7)       |
| Ilha de Montagem FF | 4165               | 22.20          | 0.00       | 77.80     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (Batch 8)       |
| Ilha de Montagem FF | 4170               | 21.90          | 0.00       | 78.10     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (Batch 9)       |
| Ilha de Montagem FF | 4165               | 22.97          | 0.00       | 77.03     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (Batch 10)      |
| Ilha de Montagem FF | 4166.5             | 22.50          | 0.00       | 77.50     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (Average)       |
| Ilha de Montagem FF | 2.415229458        | 0.72           | 0.00       | 0.72      | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (Std. Dev.)     |
| Ilha de Montagem FF | 4165.100023        | 22.08          | 0.00       | 77.08     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (90% C.I. Low)  |
| Ilha de Montagem FF | 4167.899977        | 22.92          | 0.00       | 77.92     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (90% C.I. High) |
| Ilha de Montagem FF | 4164.772369        | 21.98          | 0.00       | 76.99     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (95% C.I. Low)  |
| Ilha de Montagem FF | 4168.227631        | 23.01          | 0.00       | 78.02     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (95% C.I. High) |
| Ilha de Montagem FF | 4164.017771        | 21.76          | 0.00       | 76.76     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (99% C.I. Low)  |
| Ilha de Montagem FF | 4168.982229        | 23.24          | 0.00       | 78.24     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (99% C.I. High) |
| Teste G2            | 4165               | 50.25          | 0.00       | 49.75     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (Batch 1)       |
| Teste G2            | 4165               | 53.53          | 0.00       | 46.47     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (Batch 2)       |
| Teste G2            | 4170               | 50.79          | 0.00       | 49.21     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (Batch 3)       |
| Teste G2            | 4165               | 52.61          | 0.00       | 47.39     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (Batch 4)       |
| Teste G2            | 4165               | 51.59          | 0.00       | 48.41     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (Batch 5)       |
| Teste G2            | 4170               | 51.55          | 0.00       | 48.45     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (Batch 6)       |
| Teste G2            | 4165               | 53.39          | 0.00       | 46.61     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (Batch 7)       |
| Teste G2            | 4165               | 52.02          | 0.00       | 47.98     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (Batch 8)       |
| Teste G2            | 4170               | 50.90          | 0.00       | 49.10     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (Batch 9)       |
| Teste G2            | 4165               | 47.60          | 0.00       | 52.40     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (Batch 10)      |
| Teste G2            | 4166.5             | 51.42          | 0.00       | 48.58     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (Average)       |
| Teste G2            | 2.415229458        | 1.72           | 0.00       | 1.72      | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (Std. Dev.)     |
| Teste G2            | 4165.100023        | 50.42          | 0.00       | 47.58     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (90% C.I. Low)  |
| Teste G2            | 4167.899977        | 52.42          | 0.00       | 49.58     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (90% C.I. High) |
| Teste G2            | 4164.772369        | 50.19          | 0.00       | 47.34     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (95% C.I. Low)  |
| Teste G2            | 4168.227631        | 52.66          | 0.00       | 49.81     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (95% C.I. High) |
| Teste G2            | 4164.017771        | 49.65          | 0.00       | 46.80     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (99% C.I. Low)  |
| Teste G2            | 4168.982229        | 53.20          | 0.00       | 50.35     | 0.00         | 0.00         | 0.00      | (99% C.I. High) |

|          |             |       |      |       |      |      |      |                 |
|----------|-------------|-------|------|-------|------|------|------|-----------------|
| Teste G3 | 4165        | 8.33  | 0.00 | 91.67 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (Batch 1)       |
| Teste G3 | 4165        | 8.11  | 0.00 | 91.89 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (Batch 2)       |
| Teste G3 | 4170        | 7.98  | 0.00 | 92.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (Batch 3)       |
| Teste G3 | 4165        | 8.25  | 0.00 | 91.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (Batch 4)       |
| Teste G3 | 4165        | 7.78  | 0.00 | 92.22 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (Batch 5)       |
| Teste G3 | 4170        | 7.96  | 0.00 | 92.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (Batch 6)       |
| Teste G3 | 4165        | 8.17  | 0.00 | 91.83 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (Batch 7)       |
| Teste G3 | 4165        | 8.04  | 0.00 | 91.96 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (Batch 8)       |
| Teste G3 | 4170        | 8.50  | 0.00 | 91.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (Batch 9)       |
| Teste G3 | 4165        | 7.84  | 0.00 | 92.16 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (Batch 10)      |
| Teste G3 | 4166.5      | 8.10  | 0.00 | 91.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (Average)       |
| Teste G3 | 2.415229458 | 0.22  | 0.00 | 0.22  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (Std. Dev.)     |
| Teste G3 | 4165.100023 | 7.97  | 0.00 | 91.77 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (90% C.I. Low)  |
| Teste G3 | 4167.899977 | 8.23  | 0.00 | 92.03 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (90% C.I. High) |
| Teste G3 | 4164.772369 | 7.94  | 0.00 | 91.74 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (95% C.I. Low)  |
| Teste G3 | 4168.227631 | 8.26  | 0.00 | 92.06 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (95% C.I. High) |
| Teste G3 | 4164.017771 | 7.87  | 0.00 | 91.67 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (99% C.I. Low)  |
| Teste G3 | 4168.982229 | 8.33  | 0.00 | 92.13 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (99% C.I. High) |
|          |             |       |      |       |      |      |      |                 |
| Teste FF | 4165        | 13.87 | 0.00 | 86.13 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (Batch 1)       |
| Teste FF | 4165        | 13.02 | 0.00 | 86.98 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (Batch 2)       |
| Teste FF | 4170        | 13.31 | 0.00 | 86.69 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (Batch 3)       |
| Teste FF | 4165        | 13.59 | 0.00 | 86.41 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (Batch 4)       |
| Teste FF | 4165        | 13.62 | 0.00 | 86.38 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (Batch 5)       |
| Teste FF | 4170        | 14.40 | 0.00 | 85.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (Batch 6)       |
| Teste FF | 4165        | 13.81 | 0.00 | 86.19 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (Batch 7)       |
| Teste FF | 4165        | 13.35 | 0.00 | 86.65 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (Batch 8)       |
| Teste FF | 4170        | 13.27 | 0.00 | 86.73 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (Batch 9)       |
| Teste FF | 4165        | 13.77 | 0.00 | 86.23 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (Batch 10)      |
| Teste FF | 4166.5      | 13.60 | 0.00 | 86.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (Average)       |
| Teste FF | 2.415229458 | 0.39  | 0.00 | 0.39  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (Std. Dev.)     |
| Teste FF | 4165.100023 | 13.37 | 0.00 | 86.17 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (90% C.I. Low)  |
| Teste FF | 4167.899977 | 13.83 | 0.00 | 86.63 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (90% C.I. High) |
| Teste FF | 4164.772369 | 13.32 | 0.00 | 86.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (95% C.I. Low)  |
| Teste FF | 4168.227631 | 13.88 | 0.00 | 86.68 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (95% C.I. High) |
| Teste FF | 4164.017771 | 13.20 | 0.00 | 86.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (99% C.I. Low)  |
| Teste FF | 4168.982229 | 14.00 | 0.00 | 86.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | (99% C.I. High) |

FAILED ARRIVALS

| Entity Name | Location Name      | Total Failed |                 |
|-------------|--------------------|--------------|-----------------|
| Pedido      | Central de Pedidos | 0            | (Batch 1)       |
| Pedido      | Central de Pedidos | 0            | (Batch 2)       |
| Pedido      | Central de Pedidos | 0            | (Batch 3)       |
| Pedido      | Central de Pedidos | 0            | (Batch 4)       |
| Pedido      | Central de Pedidos | 0            | (Batch 5)       |
| Pedido      | Central de Pedidos | 0            | (Batch 6)       |
| Pedido      | Central de Pedidos | 0            | (Batch 7)       |
| Pedido      | Central de Pedidos | 0            | (Batch 8)       |
| Pedido      | Central de Pedidos | 0            | (Batch 9)       |
| Pedido      | Central de Pedidos | 0            | (Batch 10)      |
| Pedido      | Central de Pedidos | 0            | (Average)       |
| Pedido      | Central de Pedidos | 0            | (Std. Dev.)     |
| Pedido      | Central de Pedidos | 0            | (90% C.I. Low)  |
| Pedido      | Central de Pedidos | 0            | (90% C.I. High) |
| Pedido      | Central de Pedidos | 0            | (95% C.I. Low)  |
| Pedido      | Central de Pedidos | 0            | (95% C.I. High) |
| Pedido      | Central de Pedidos | 0            | (99% C.I. Low)  |
| Pedido      | Central de Pedidos | 0            | (99% C.I. High) |
| Kanban      | Estoque pecas m    | 0            | (Batch 1)       |
| Kanban      | Estoque pecas m    | 0            | (Batch 2)       |
| Kanban      | Estoque pecas m    | 0            | (Batch 3)       |
| Kanban      | Estoque pecas m    | 0            | (Batch 4)       |
| Kanban      | Estoque pecas m    | 0            | (Batch 5)       |
| Kanban      | Estoque pecas m    | 0            | (Batch 6)       |
| Kanban      | Estoque pecas m    | 0            | (Batch 7)       |
| Kanban      | Estoque pecas m    | 0            | (Batch 8)       |
| Kanban      | Estoque pecas m    | 0            | (Batch 9)       |
| Kanban      | Estoque pecas m    | 0            | (Batch 10)      |
| Kanban      | Estoque pecas m    | 0            | (Average)       |
| Kanban      | Estoque pecas m    | 0            | (Std. Dev.)     |
| Kanban      | Estoque pecas m    | 0            | (90% C.I. Low)  |
| Kanban      | Estoque pecas m    | 0            | (90% C.I. High) |
| Kanban      | Estoque pecas m    | 0            | (95% C.I. Low)  |
| Kanban      | Estoque pecas m    | 0            | (95% C.I. High) |
| Kanban      | Estoque pecas m    | 0            | (99% C.I. Low)  |

|                   |                          |         |                 |
|-------------------|--------------------------|---------|-----------------|
| Kanban            | Estoque pecas m          | 0       | (99% C.I. High) |
|                   |                          |         |                 |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 1 carc | 6255    | (Batch 1)       |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 1 carc | 6253    | (Batch 2)       |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 1 carc | 6242    | (Batch 3)       |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 1 carc | 6255    | (Batch 4)       |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 1 carc | 6253    | (Batch 5)       |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 1 carc | 6242    | (Batch 6)       |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 1 carc | 6255    | (Batch 7)       |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 1 carc | 6253    | (Batch 8)       |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 1 carc | 6242    | (Batch 9)       |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 1 carc | 6255    | (Batch 10)      |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 1 carc | 6250.5  | (Average)       |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 1 carc | 5.93015 | (Std. Dev.)     |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 1 carc | 6247.06 | (90% C.I. Low)  |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 1 carc | 6253.94 | (90% C.I. High) |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 1 carc | 6246.26 | (95% C.I. Low)  |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 1 carc | 6254.74 | (95% C.I. High) |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 1 carc | 6244.41 | (99% C.I. Low)  |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 1 carc | 6256.59 | (99% C.I. High) |
|                   |                          |         |                 |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 3 carc | 6255    | (Batch 1)       |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 3 carc | 6253    | (Batch 2)       |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 3 carc | 6242    | (Batch 3)       |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 3 carc | 6255    | (Batch 4)       |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 3 carc | 6253    | (Batch 5)       |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 3 carc | 6242    | (Batch 6)       |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 3 carc | 6255    | (Batch 7)       |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 3 carc | 6253    | (Batch 8)       |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 3 carc | 6242    | (Batch 9)       |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 3 carc | 6255    | (Batch 10)      |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 3 carc | 6250.5  | (Average)       |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 3 carc | 5.93015 | (Std. Dev.)     |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 3 carc | 6247.06 | (90% C.I. Low)  |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 3 carc | 6253.94 | (90% C.I. High) |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 3 carc | 6246.26 | (95% C.I. Low)  |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 3 carc | 6254.74 | (95% C.I. High) |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 3 carc | 6244.41 | (99% C.I. Low)  |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 3 carc | 6256.59 | (99% C.I. High) |
|                   |                          |         |                 |
| entidade auxiliar | Location auxiliar 4 carc | 25020   | (Batch 1)       |

|                   |                   |        |         |                 |
|-------------------|-------------------|--------|---------|-----------------|
| entidade auxiliar | Location auxiliar | 4 carc | 25009   | (Batch 2)       |
| entidade auxiliar | Location auxiliar | 4 carc | 24971   | (Batch 3)       |
| entidade auxiliar | Location auxiliar | 4 carc | 25020   | (Batch 4)       |
| entidade auxiliar | Location auxiliar | 4 carc | 25009   | (Batch 5)       |
| entidade auxiliar | Location auxiliar | 4 carc | 24971   | (Batch 6)       |
| entidade auxiliar | Location auxiliar | 4 carc | 25020   | (Batch 7)       |
| entidade auxiliar | Location auxiliar | 4 carc | 25009   | (Batch 8)       |
| entidade auxiliar | Location auxiliar | 4 carc | 4091    | (Batch 9)       |
| entidade auxiliar | Location auxiliar | 4 carc | 0       | (Batch 10)      |
| entidade auxiliar | Location auxiliar | 4 carc | 20412   | (Average)       |
| entidade auxiliar | Location auxiliar | 4 carc | 9727.92 | (Std. Dev.)     |
| entidade auxiliar | Location auxiliar | 4 carc | 14773.3 | (90% C.I. Low)  |
| entidade auxiliar | Location auxiliar | 4 carc | 26050.7 | (90% C.I. High) |
| entidade auxiliar | Location auxiliar | 4 carc | 13453.5 | (95% C.I. Low)  |
| entidade auxiliar | Location auxiliar | 4 carc | 27370.5 | (95% C.I. High) |
| entidade auxiliar | Location auxiliar | 4 carc | 10414.2 | (99% C.I. Low)  |
| entidade auxiliar | Location auxiliar | 4 carc | 30409.8 | (99% C.I. High) |

|                       |                       |  |         |                 |
|-----------------------|-----------------------|--|---------|-----------------|
| entidade auxiliar ret | location auxiliar ret |  | 12510   | (Batch 1)       |
| entidade auxiliar ret | location auxiliar ret |  | 12505   | (Batch 2)       |
| entidade auxiliar ret | location auxiliar ret |  | 12485   | (Batch 3)       |
| entidade auxiliar ret | location auxiliar ret |  | 12510   | (Batch 4)       |
| entidade auxiliar ret | location auxiliar ret |  | 12505   | (Batch 5)       |
| entidade auxiliar ret | location auxiliar ret |  | 12485   | (Batch 6)       |
| entidade auxiliar ret | location auxiliar ret |  | 12510   | (Batch 7)       |
| entidade auxiliar ret | location auxiliar ret |  | 12505   | (Batch 8)       |
| entidade auxiliar ret | location auxiliar ret |  | 12485   | (Batch 9)       |
| entidade auxiliar ret | location auxiliar ret |  | 12510   | (Batch 10)      |
| entidade auxiliar ret | location auxiliar ret |  | 12501   | (Average)       |
| entidade auxiliar ret | location auxiliar ret |  | 11.2546 | (Std. Dev.)     |
| entidade auxiliar ret | location auxiliar ret |  | 12494.5 | (90% C.I. Low)  |
| entidade auxiliar ret | location auxiliar ret |  | 12507.5 | (90% C.I. High) |
| entidade auxiliar ret | location auxiliar ret |  | 12492.9 | (95% C.I. Low)  |
| entidade auxiliar ret | location auxiliar ret |  | 12509.1 | (95% C.I. High) |
| entidade auxiliar ret | location auxiliar ret |  | 12489.4 | (99% C.I. Low)  |
| entidade auxiliar ret | location auxiliar ret |  | 12512.6 | (99% C.I. High) |

|       |                     |  |      |           |
|-------|---------------------|--|------|-----------|
| sinal | location sinal engr |  | 8340 | (Batch 1) |
| sinal | location sinal engr |  | 8336 | (Batch 2) |
| sinal | location sinal engr |  | 8324 | (Batch 3) |
| sinal | location sinal engr |  | 8340 | (Batch 4) |

|       |                     |         |                 |
|-------|---------------------|---------|-----------------|
| sinal | location sinal engr | 8336    | (Batch 5)       |
| sinal | location sinal engr | 8324    | (Batch 6)       |
| sinal | location sinal engr | 8340    | (Batch 7)       |
| sinal | location sinal engr | 8336    | (Batch 8)       |
| sinal | location sinal engr | 8324    | (Batch 9)       |
| sinal | location sinal engr | 8340    | (Batch 10)      |
| sinal | location sinal engr | 8334    | (Average)       |
| sinal | location sinal engr | 7.11805 | (Std. Dev.)     |
| sinal | location sinal engr | 8329.87 | (90% C.I. Low)  |
| sinal | location sinal engr | 8338.13 | (90% C.I. High) |
| sinal | location sinal engr | 8328.91 | (95% C.I. Low)  |
| sinal | location sinal engr | 8339.09 | (95% C.I. High) |
| sinal | location sinal engr | 8326.68 | (99% C.I. Low)  |
| sinal | location sinal engr | 8341.32 | (99% C.I. High) |

|                   |                       |         |                 |
|-------------------|-----------------------|---------|-----------------|
| entidade fantasma | Location Fantasma fun | 44170   | (Batch 1)       |
| entidade fantasma | Location Fantasma fun | 44169   | (Batch 2)       |
| entidade fantasma | Location Fantasma fun | 44161   | (Batch 3)       |
| entidade fantasma | Location Fantasma fun | 44170   | (Batch 4)       |
| entidade fantasma | Location Fantasma fun | 44169   | (Batch 5)       |
| entidade fantasma | Location Fantasma fun | 44161   | (Batch 6)       |
| entidade fantasma | Location Fantasma fun | 44170   | (Batch 7)       |
| entidade fantasma | Location Fantasma fun | 44169   | (Batch 8)       |
| entidade fantasma | Location Fantasma fun | 44161   | (Batch 9)       |
| entidade fantasma | Location Fantasma fun | 44170   | (Batch 10)      |
| entidade fantasma | Location Fantasma fun | 44167   | (Average)       |
| entidade fantasma | Location Fantasma fun | 4.16333 | (Std. Dev.)     |
| entidade fantasma | Location Fantasma fun | 44164.6 | (90% C.I. Low)  |
| entidade fantasma | Location Fantasma fun | 44169.4 | (90% C.I. High) |
| entidade fantasma | Location Fantasma fun | 44164   | (95% C.I. Low)  |
| entidade fantasma | Location Fantasma fun | 44170   | (95% C.I. High) |
| entidade fantasma | Location Fantasma fun | 44162.7 | (99% C.I. Low)  |
| entidade fantasma | Location Fantasma fun | 44171.3 | (99% C.I. High) |

|                   |                        |       |           |
|-------------------|------------------------|-------|-----------|
| entidade fantasma | Location fantasma2 fun | 12510 | (Batch 1) |
| entidade fantasma | Location fantasma2 fun | 12504 | (Batch 2) |
| entidade fantasma | Location fantasma2 fun | 12486 | (Batch 3) |
| entidade fantasma | Location fantasma2 fun | 12510 | (Batch 4) |
| entidade fantasma | Location fantasma2 fun | 12504 | (Batch 5) |
| entidade fantasma | Location fantasma2 fun | 12486 | (Batch 6) |
| entidade fantasma | Location fantasma2 fun | 12510 | (Batch 7) |

|                   |                        |         |                 |
|-------------------|------------------------|---------|-----------------|
| entidade fantasma | Location fantasma2 fun | 12504   | (Batch 8)       |
| entidade fantasma | Location fantasma2 fun | 12486   | (Batch 9)       |
| entidade fantasma | Location fantasma2 fun | 12510   | (Batch 10)      |
| entidade fantasma | Location fantasma2 fun | 12501   | (Average)       |
| entidade fantasma | Location fantasma2 fun | 10.6771 | (Std. Dev.)     |
| entidade fantasma | Location fantasma2 fun | 12494.8 | (90% C.I. Low)  |
| entidade fantasma | Location fantasma2 fun | 12507.2 | (90% C.I. High) |
| entidade fantasma | Location fantasma2 fun | 12493.4 | (95% C.I. Low)  |
| entidade fantasma | Location fantasma2 fun | 12508.6 | (95% C.I. High) |
| entidade fantasma | Location fantasma2 fun | 12490   | (99% C.I. Low)  |
| entidade fantasma | Location fantasma2 fun | 12512   | (99% C.I. High) |

VARIABLES

| Variable Name           | Total Changes | Average Minutes Per Change | Minimum Value | Maximum Value | Current Value | Average Value |                 |
|-------------------------|---------------|----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|
| Estoque engren mot A G2 | 10924         | 54.897473                  | 0             | 1219          | 566           | 631.594       | (Batch 1)       |
| Estoque engren mot A G2 | 11667         | 51.332804                  | 299           | 1177          | 653           | 756.669       | (Batch 2)       |
| Estoque engren mot A G2 | 11969         | 50.054307                  | 268           | 1195          | 1134          | 665.012       | (Batch 3)       |
| Estoque engren mot A G2 | 10797         | 55.532092                  | 458           | 1271          | 575           | 739.295       | (Batch 4)       |
| Estoque engren mot A G2 | 11976         | 50.004999                  | 367           | 1040          | 762           | 679.269       | (Batch 5)       |
| Estoque engren mot A G2 | 11492         | 52.131918                  | 464           | 1055          | 748           | 724.944       | (Batch 6)       |
| Estoque engren mot A G2 | 12386         | 48.417568                  | 292           | 1113          | 699           | 715.488       | (Batch 7)       |
| Estoque engren mot A G2 | 12149         | 49.315275                  | 197           | 1211          | 990           | 729.01        | (Batch 8)       |
| Estoque engren mot A G2 | 10621         | 56.347410                  | 341           | 1037          | 624           | 684.764       | (Batch 9)       |
| Estoque engren mot A G2 | 11595         | 51.720569                  | 314           | 1072          | 651           | 724.886       | (Batch 10)      |
| Estoque engren mot A G2 | 11557.6       | 51.975442                  | 300           | 1139          | 740.2         | 705.093       | (Average)       |
| Estoque engren mot A G2 | 601.402       | 2.751018                   | 133.302       | 85.644        | 184.515       | 38.5639       | (Std. Dev.)     |
| Estoque engren mot A G2 | 11209         | 50.380826                  | 222.732       | 1089.36       | 633.247       | 682.74        | (90% C.I. Low)  |
| Estoque engren mot A G2 | 11906.2       | 53.570057                  | 377.268       | 1188.64       | 847.153       | 727.446       | (90% C.I. High) |
| Estoque engren mot A G2 | 11127.4       | 50.007618                  | 204.648       | 1077.74       | 608.215       | 677.508       | (95% C.I. Low)  |
| Estoque engren mot A G2 | 11987.8       | 53.943265                  | 395.352       | 1200.26       | 872.185       | 732.678       | (95% C.I. High) |
| Estoque engren mot A G2 | 10939.5       | 49.148109                  | 163.001       | 1050.98       | 550.567       | 665.459       | (99% C.I. Low)  |
| Estoque engren mot A G2 | 12175.7       | 54.802774                  | 436.999       | 1227.02       | 929.833       | 744.727       | (99% C.I. High) |
| Estoque engren mot R G2 | 7058          | 84.967413                  | 70            | 884           | 513           | 451.466       | (Batch 1)       |
| Estoque engren mot R G2 | 8047          | 74.425231                  | 114           | 808           | 337           | 481.493       | (Batch 2)       |

|                         |         |           |         |         |         |         |                 |
|-------------------------|---------|-----------|---------|---------|---------|---------|-----------------|
| Estoque engran mot R G2 | 7713    | 77.719149 | 141     | 769     | 369     | 459.747 | (Batch 3)       |
| Estoque engran mot R G2 | 8538    | 70.224877 | 143     | 883     | 576     | 484.824 | (Batch, 4)      |
| Estoque engran mot R G2 | 7461    | 80.265363 | 0       | 767     | 288     | 449.312 | (Batch 5)       |
| Estoque engran mot R G2 | 8121    | 73.879599 | 114     | 741     | 516     | 448.019 | (Batch 6)       |
| Estoque engran mot R G2 | 8043    | 74.561731 | 190     | 745     | 685     | 468.894 | (Batch 7)       |
| Estoque engran mot R G2 | 7286    | 82.230480 | 125     | 847     | 412     | 454.137 | (Batch 8)       |
| Estoque engran mot R G2 | 7231    | 82.688104 | 90      | 727     | 325     | 465.129 | (Batch 9)       |
| Estoque engran mot R G2 | 6978    | 85.941531 | 100     | 640     | 389     | 363.711 | (Batch 10)      |
| Estoque engran mot R G2 | 7647.6  | 78.690348 | 108.7   | 781.1   | 441     | 452.673 | (Average)       |
| Estoque engran mot R G2 | 524.106 | 5.312082  | 50.4316 | 76.1073 | 126.921 | 33.8022 | (Std. Dev.)     |
| Estoque engran mot R G2 | 7343.8  | 75.611224 | 79.4676 | 736.985 | 367.431 | 433.08  | (90% C.I. Low)  |
| Estoque engran mot R G2 | 7951.4  | 81.769472 | 137.932 | 825.215 | 514.569 | 472.267 | (90% C.I. High) |
| Estoque engran mot R G2 | 7272.7  | 74.890577 | 72.6259 | 726.66  | 350.213 | 428.494 | (95% C.I. Low)  |
| Estoque engran mot R G2 | 8022.5  | 82.490118 | 144.774 | 835.54  | 531.787 | 476.852 | (95% C.I. High) |
| Estoque engran mot R G2 | 7108.96 | 73.230908 | 56.8694 | 702.881 | 310.558 | 417.933 | (99% C.I. Low)  |
| Estoque engran mot R G2 | 8186.24 | 84.149788 | 160.531 | 859.319 | 571.442 | 487.413 | (99% C.I. High) |
|                         |         |           |         |         |         |         |                 |
| Estoque engran mot C G2 | 7824    | 76.648773 | 26      | 740     | 583     | 468.648 | (Batch 1)       |
| Estoque engran mot C G2 | 8580    | 69.840214 | 200     | 807     | 521     | 511.983 | (Batch 2)       |
| Estoque engran mot C G2 | 7723    | 77.573482 | 113     | 766     | 606     | 471.608 | (Batch 3)       |
| Estoque engran mot C G2 | 8454    | 70.922640 | 80      | 808     | 415     | 495.525 | (Batch 4)       |
| Estoque engran mot C G2 | 7520    | 79.654557 | 153     | 834     | 395     | 451.501 | (Batch 5)       |
| Estoque engran mot C G2 | 7358    | 81.421582 | 202     | 713     | 367     | 438.252 | (Batch 6)       |
| Estoque engran mot C G2 | 8109    | 73.954865 | 190     | 768     | 517     | 446.846 | (Batch 7)       |
| Estoque engran mot C G2 | 7844    | 76.434702 | 100     | 787     | 483     | 462.888 | (Batch 8)       |
| Estoque engran mot C G2 | 8441    | 71.042608 | 45      | 803     | 566     | 479.397 | (Batch 9)       |
| Estoque engran mot C G2 | 6329    | 94.754306 | 65      | 725     | 328     | 423.218 | (Batch 10)      |
| Estoque engran mot C G2 | 7818.2  | 77.224773 | 117.4   | 775.1   | 478.1   | 464.987 | (Average)       |
| Estoque engran mot C G2 | 665.433 | 7.265131  | 65.473  | 39.7505 | 96.7396 | 26.6267 | (Std. Dev.)     |
| Estoque engran mot C G2 | 7432.48 | 73.013572 | 79.4489 | 752.059 | 422.025 | 449.553 | (90% C.I. Low)  |
| Estoque engran mot C G2 | 8203.92 | 81.435974 | 155.351 | 798.141 | 534.175 | 480.421 | (90% C.I. High) |
| Estoque engran mot C G2 | 7342.21 | 72.027972 | 70.5667 | 746.666 | 408.901 | 445.94  | (95% C.I. Low)  |
| Estoque engran mot C G2 | 8294.19 | 82.421574 | 164.233 | 803.534 | 547.299 | 484.033 | (95% C.I. High) |
| Estoque engran mot C G2 | 7134.31 | 69.758105 | 50.1108 | 734.247 | 378.677 | 437.621 | (99% C.I. Low)  |
| Estoque engran mot C G2 | 8502.09 | 84.691441 | 184.689 | 815.953 | 577.523 | 492.352 | (99% C.I. High) |
|                         |         |           |         |         |         |         |                 |
| Estoque engran mov G2   | 24960   | 24.027279 | 825     | 2887    | 1701    | 1582.41 | (Batch 1)       |
| Estoque engran mov G2   | 27392   | 21.894578 | 1285    | 2226    | 1570    | 1781.14 | (Batch 2)       |
| Estoque engran mov G2   | 26479   | 22.625477 | 1014    | 2260    | 2124    | 1639.39 | (Batch 3)       |
| Estoque engran mov G2   | 26881   | 22.304974 | 1104    | 2357    | 1607    | 1754.45 | (Batch 4)       |
| Estoque engran mov G2   | 25931   | 23.094361 | 885     | 2262    | 1374    | 1610.56 | (Batch 5)       |

|                         |         |            |         |         |         |         |                 |
|-------------------------|---------|------------|---------|---------|---------|---------|-----------------|
| Estoque engren mov G2   | 26219   | 22.876466  | 1205    | 2105    | 1678    | 1655.41 | (Batch 6)       |
| Estoque engren mov G2   | 27581   | 21.743229  | 1200    | 2289    | 1915    | 1670.38 | (Batch 7)       |
| Estoque engren mov G2   | 26449   | 22.662797  | 866     | 2363    | 1951    | 1681.72 | (Batch 8)       |
| Estoque engren mov G2   | 25436   | 23.582379  | 947     | 2149    | 1588    | 1663.21 | (Batch 9)       |
| Estoque engren mov G2   | 24014   | 24.972932  | 927     | 2063    | 1393    | 1558.33 | (Batch 10)      |
| Estoque engren mov G2   | 26134.2 | 22.978447  | 1025.8  | 2296.1  | 1690.1  | 1659.7  | (Average)       |
| Estoque engren mov G2   | 1098.53 | 0.991347   | 162.464 | 230.283 | 242.011 | 69.4654 | (Std. Dev.)     |
| Estoque engren mov G2   | 25497.4 | 22.403817  | 931.629 | 2162.62 | 1549.82 | 1619.44 | (90% C.I. Low)  |
| Estoque engren mov G2   | 26771   | 23.553077  | 1119.97 | 2429.58 | 1830.38 | 1699.97 | (90% C.I. High) |
| Estoque engren mov G2   | 25348.4 | 22.269330  | 909.589 | 2131.38 | 1516.99 | 1610.01 | (95% C.I. Low)  |
| Estoque engren mov G2   | 26920   | 23.687565  | 1142.01 | 2460.82 | 1863.21 | 1709.39 | (95% C.I. High) |
| Estoque engren mov G2   | 25005.2 | 21.959600  | 858.83  | 2059.43 | 1441.38 | 1588.31 | (99% C.I. Low)  |
| Estoque engren mov G2   | 27263.2 | 23.997294  | 1192.77 | 2532.77 | 1938.82 | 1731.09 | (99% C.I. High) |
|                         |         |            |         |         |         |         |                 |
| Estoque engren mot A G3 | 1749    | 341.989708 | 9       | 151     | 41      | 70.677  | (Batch 1)       |
| Estoque engren mot A G3 | 1724    | 347.227378 | 15      | 147     | 69      | 73.9836 | (Batch 2)       |
| Estoque engren mot A G3 | 1688    | 355.201813 | 8       | 115     | 52      | 69.143  | (Batch 3)       |
| Estoque engren mot A G3 | 1732    | 346.247113 | 21      | 128     | 33      | 67.0009 | (Batch 4)       |
| Estoque engren mot A G3 | 1735    | 345.495677 | 9       | 121     | 87      | 70.6451 | (Batch 5)       |
| Estoque engren mot A G3 | 1655    | 362.288574 | 23      | 105     | 39      | 66.027  | (Batch 6)       |
| Estoque engren mot A G3 | 1738    | 345.051784 | 1       | 115     | 64      | 63.7185 | (Batch 7)       |
| Estoque engren mot A G3 | 1753    | 339.840274 | 0       | 132     | 66      | 73.3993 | (Batch 8)       |
| Estoque engren mot A G3 | 1859    | 322.678139 | 13      | 120     | 80      | 71.3068 | (Batch 9)       |
| Estoque engren mot A G3 | 1677    | 357.602862 | 2       | 125     | 86      | 65.8062 | (Batch 10)      |
| Estoque engren mot A G3 | 1731    | 346.362332 | 10.1    | 125.9   | 61.7    | 69.1708 | (Average)       |
| Estoque engren mot A G3 | 55.6257 | 10.974513  | 7.99236 | 14.3407 | 19.7318 | 3.42684 | (Std. Dev.)     |
| Estoque engren mot A G3 | 1698.76 | 340.001005 | 5.46727 | 117.587 | 50.2625 | 67.1844 | (90% C.I. Low)  |
| Estoque engren mot A G3 | 1763.24 | 352.723659 | 14.7327 | 134.213 | 73.1375 | 71.1571 | (90% C.I. High) |
| Estoque engren mot A G3 | 1691.21 | 338.512184 | 4.38301 | 115.642 | 47.5857 | 66.7195 | (95% C.I. Low)  |
| Estoque engren mot A G3 | 1770.79 | 354.212480 | 15.817  | 136.158 | 75.8143 | 71.622  | (95% C.I. High) |
| Estoque engren mot A G3 | 1673.83 | 335.083384 | 1.88593 | 111.161 | 41.4208 | 65.6489 | (99% C.I. Low)  |
| Estoque engren mot A G3 | 1788.17 | 357.641281 | 18.3141 | 140.639 | 81.9792 | 72.6926 | (99% C.I. High) |
|                         |         |            |         |         |         |         |                 |
| Estoque engren mot R G3 | 2925    | 204.492308 | 70      | 232     | 139     | 145.894 | (Batch 1)       |
| Estoque engren mot R G3 | 2920    | 205.006849 | 79      | 216     | 140     | 145.077 | (Batch 2)       |
| Estoque engren mot R G3 | 2880    | 208.187729 | 66      | 204     | 151     | 144.077 | (Batch 3)       |
| Estoque engren mot R G3 | 2917    | 205.587933 | 78      | 207     | 162     | 140.802 | (Batch 4)       |
| Estoque engren mot R G3 | 2755    | 217.580762 | 94      | 219     | 134     | 147.037 | (Batch 5)       |
| Estoque engren mot R G3 | 2849    | 210.455455 | 76      | 196     | 140     | 137.144 | (Batch 6)       |
| Estoque engren mot R G3 | 2967    | 202.123357 | 74      | 208     | 147     | 148.019 | (Batch 7)       |
| Estoque engren mot R G3 | 2866    | 208.855387 | 70      | 218     | 155     | 141.809 | (Batch 8)       |

|                         |         |             |         |         |           |         |                 |
|-------------------------|---------|-------------|---------|---------|-----------|---------|-----------------|
| Estoque engren mot R G3 | 2992    | 200.487520  | 67      | 254     | 153       | 148.531 | (Batch 9)       |
| Estoque engren mot R G3 | 2873    | 208.736512  | 47      | 218     | 170       | 148.197 | (Batch 10)      |
| Estoque engren mot R G3 | 2894.4  | 207.151381  | 72.1    | 217.2   | 149.1     | 144.659 | (Average)       |
| Estoque engren mot R G3 | 66.5536 | 4.830244    | 11.9392 | 16.3013 | 11.3377   | 3.74107 | (Std. Dev.)     |
| Estoque engren mot R G3 | 2855.82 | 204.351552  | 65.1795 | 207.751 | 142.528   | 142.49  | (90% C.I. Low)  |
| Estoque engren mot R G3 | 2932.98 | 209.951210  | 79.0205 | 226.649 | 155.672   | 146.827 | (90% C.I. High) |
| Estoque engren mot R G3 | 2846.79 | 203.696273  | 63.5598 | 205.54  | 140.99    | 141.983 | (95% C.I. Low)  |
| Estoque engren mot R G3 | 2942.01 | 210.606490  | 80.6402 | 228.86  | 157.21    | 147.335 | (95% C.I. High) |
| Estoque engren mot R G3 | 2826    | 202.187145  | 59.8296 | 200.446 | 137.448   | 140.814 | (99% C.I. Low)  |
| Estoque engren mot R G3 | 2962.8  | 212.115617  | 84.3704 | 233.954 | 160.752   | 148.504 | (99% C.I. High) |
|                         |         |             |         |         |           |         |                 |
| Estoque engren mot C G3 | 714     | 837.731092  | 0       | 37      | 0         | 11.4972 | (Batch 1)       |
| Estoque engren mot C G3 | 615     | 973.365854  | 0       | 40      | 40        | 10.5225 | (Batch 2)       |
| Estoque engren mot C G3 | 539     | 1112.394545 | 0       | 40      | 10        | 14.7021 | (Batch 3)       |
| Estoque engren mot C G3 | 630     | 951.904762  | 0       | 28      | 10        | 11.7616 | (Batch 4)       |
| Estoque engren mot C G3 | 621     | 965.273752  | 0       | 39      | 20        | 15.2502 | (Batch 5)       |
| Estoque engren mot C G3 | 548     | 1094.137938 | 0       | 34      | 0         | 10.9896 | (Batch 6)       |
| Estoque engren mot C G3 | 642     | 934.112150  | 0       | 30      | 3         | 10.6752 | (Batch 7)       |
| Estoque engren mot C G3 | 665     | 901.385308  | 0       | 26      | 26        | 9.71226 | (Batch 8)       |
| Estoque engren mot C G3 | 704     | 852.071960  | 0       | 36      | 12        | 15.4465 | (Batch 9)       |
| Estoque engren mot C G3 | 581     | 1032.185886 | 0       | 27      | 9         | 12.1645 | (Batch 10)      |
| Estoque engren mot C G3 | 625.9   | 965.456325  | 0       | 33.7    | 13        | 12.2722 | (Average)       |
| Estoque engren mot C G3 | 59.109  | 92.559994   | 0       | 5.51866 | 12.561    | 2.09581 | (Std. Dev.)     |
| Estoque engren mot C G3 | 591.638 | 911.804341  | 0       | 30.5011 | 5.71909   | 11.0573 | (90% C.I. Low)  |
| Estoque engren mot C G3 | 660.162 | 1019.108309 | 0       | 36.8989 | 20.2809   | 13.487  | (90% C.I. High) |
| Estoque engren mot C G3 | 583.619 | 899.247494  | 0       | 29.7525 | 4.01505   | 10.773  | (95% C.I. Low)  |
| Estoque engren mot C G3 | 668.181 | 1031.665156 | 0       | 37.6475 | 21.9849   | 13.7713 | (95% C.I. High) |
| Estoque engren mot C G3 | 565.151 | 870.328694  | 0       | 28.0283 | 0.0905934 | 10.1182 | (99% C.I. Low)  |
| Estoque engren mot C G3 | 686.649 | 1060.583956 | 0       | 39.3717 | 25.9094   | 14.4261 | (99% C.I. High) |
|                         |         |             |         |         |           |         |                 |
| Estoque engren mov G3   | 4492    | 133.156723  | 142     | 351     | 222       | 252.403 | (Batch 1)       |
| Estoque engren mov G3   | 4449    | 134.551585  | 138     | 323     | 255       | 242.421 | (Batch 2)       |
| Estoque engren mov G3   | 4356    | 137.644780  | 155     | 317     | 238       | 241.22  | (Batch 3)       |
| Estoque engren mov G3   | 4460    | 134.461883  | 159     | 346     | 207       | 239.373 | (Batch 4)       |
| Estoque engren mov G3   | 4340    | 138.118664  | 179     | 315     | 238       | 251.633 | (Batch 5)       |
| Estoque engren mov G3   | 4303    | 139.341759  | 151     | 336     | 193       | 234.523 | (Batch 6)       |
| Estoque engren mov G3   | 4525    | 132.530387  | 155     | 310     | 214       | 240.848 | (Batch 7)       |
| Estoque engren mov G3   | 4507    | 132.422847  | 151     | 326     | 266       | 243.824 | (Batch 8)       |
| Estoque engren mov G3   | 4710    | 127.358527  | 154     | 338     | 271       | 255.594 | (Batch 9)       |
| Estoque engren mov G3   | 4336    | 138.307196  | 139     | 338     | 264       | 246.517 | (Batch 10)      |
| Estoque engren mov G3   | 4447.8  | 134.789435  | 152.3   | 330     | 236.8     | 244.836 | (Average)       |

|                       |         |            |         |         |         |         |                 |
|-----------------------|---------|------------|---------|---------|---------|---------|-----------------|
| Estoque engren mov G3 | 121.943 | 3.667986   | 11.8608 | 13.8243 | 27.1653 | 6.61702 | (Std. Dev.)     |
| Estoque engren mov G3 | 4377.12 | 132.663303 | 145.425 | 321.987 | 221.054 | 241     | (90% C.I. Low)  |
| Estoque engren mov G3 | 4518.48 | 136.915567 | 159.175 | 338.013 | 252.546 | 248.671 | (90% C.I. High) |
| Estoque engren mov G3 | 4360.57 | 132.165698 | 143.816 | 320.111 | 217.368 | 240.103 | (95% C.I. Low)  |
| Estoque engren mov G3 | 4535.03 | 137.413172 | 160.784 | 339.889 | 256.232 | 249.569 | (95% C.I. High) |
| Estoque engren mov G3 | 4322.47 | 131.019698 | 140.11  | 315.792 | 208.881 | 238.035 | (99% C.I. Low)  |
| Estoque engren mov G3 | 4573.13 | 138.559172 | 164.49  | 344.208 | 264.719 | 251.636 | (99% C.I. High) |
| Estoque engren mot G8 | 1548    | 386.420446 | 26      | 145     | 37      | 71.23   | (Batch 1)       |
| Estoque engren mot G8 | 1737    | 344.969292 | 3       | 105     | 100     | 65.9711 | (Batch 2)       |
| Estoque engren mot G8 | 1640    | 364.807098 | 32      | 145     | 72      | 75.4301 | (Batch 3)       |
| Estoque engren mot G8 | 1697    | 352.783047 | 20      | 143     | 53      | 76.6865 | (Batch 4)       |
| Estoque engren mot G8 | 1659    | 361.345539 | 29      | 112     | 74      | 70.9747 | (Batch 5)       |
| Estoque engren mot G8 | 1725    | 347.672377 | 35      | 113     | 77      | 73.5539 | (Batch 6)       |
| Estoque engren mot G8 | 1614    | 371.563197 | 27      | 107     | 65      | 69.5386 | (Batch 7)       |
| Estoque engren mot G8 | 1677    | 356.204532 | 37      | 114     | 62      | 71.7954 | (Batch 8)       |
| Estoque engren mot G8 | 1689    | 354.957028 | 30      | 126     | 41      | 74.3361 | (Batch 9)       |
| Estoque engren mot G8 | 1708    | 350.218308 | 31      | 108     | 69      | 72.9937 | (Batch 10)      |
| Estoque engren mot G8 | 1669.4  | 359.094086 | 27      | 121.8   | 65      | 72.251  | (Average)       |
| Estoque engren mot G8 | 56.896  | 12.534197  | 9.68389 | 16.565  | 18.3424 | 3.09211 | (Std. Dev.)     |
| Estoque engren mot G8 | 1636.42 | 351.828695 | 21.3868 | 112.198 | 54.3679 | 70.4587 | (90% C.I. Low)  |
| Estoque engren mot G8 | 1702.38 | 366.359477 | 32.6132 | 131.402 | 75.6321 | 74.0433 | (90% C.I. High) |
| Estoque engren mot G8 | 1628.7  | 350.128285 | 20.073  | 109.951 | 51.8795 | 70.0392 | (95% C.I. Low)  |
| Estoque engren mot G8 | 1710.1  | 368.059888 | 33.927  | 133.649 | 78.1205 | 74.4628 | (95% C.I. High) |
| Estoque engren mot G8 | 1610.93 | 346.212187 | 17.0475 | 104.775 | 46.1488 | 69.0731 | (99% C.I. Low)  |
| Estoque engren mot G8 | 1727.87 | 371.975985 | 36.9525 | 138.825 | 83.8512 | 75.4289 | (99% C.I. High) |
| Estoque engren mov G8 | 1548    | 386.420446 | 21      | 145     | 37      | 71.0117 | (Batch 1)       |
| Estoque engren mov G8 | 1737    | 345.238929 | 3       | 107     | 100     | 66.3109 | (Batch 2)       |
| Estoque engren mov G8 | 1640    | 364.807098 | 29      | 145     | 72      | 75.3331 | (Batch 3)       |
| Estoque engren mov G8 | 1697    | 352.783047 | 20      | 143     | 53      | 76.9064 | (Batch 4)       |
| Estoque engren mov G8 | 1659    | 361.345539 | 34      | 112     | 74      | 71.1312 | (Batch 5)       |
| Estoque engren mov G8 | 1725    | 347.672377 | 35      | 113     | 77      | 73.3954 | (Batch 6)       |
| Estoque engren mov G8 | 1614    | 371.563197 | 27      | 107     | 65      | 69.4197 | (Batch 7)       |
| Estoque engren mov G8 | 1677    | 356.204532 | 37      | 110     | 62      | 71.6702 | (Batch 8)       |
| Estoque engren mov G8 | 1689    | 354.957028 | 30      | 126     | 41      | 75.1472 | (Batch 9)       |
| Estoque engren mov G8 | 1708    | 350.218308 | 31      | 108     | 69      | 73.5029 | (Batch 10)      |
| Estoque engren mov G8 | 1669.4  | 359.121050 | 26.7    | 121.6   | 65      | 72.3829 | (Average)       |
| Estoque engren mov G8 | 56.896  | 12.500681  | 10.0117 | 16.6146 | 18.3424 | 3.13919 | (Std. Dev.)     |
| Estoque engren mov G8 | 1636.42 | 351.875087 | 20.8968 | 111.969 | 54.3679 | 70.5633 | (90% C.I. Low)  |
| Estoque engren mov G8 | 1702.38 | 366.367013 | 32.5032 | 131.231 | 75.6321 | 74.2025 | (90% C.I. High) |

|                       |         |            |         |         |         |         |                 |
|-----------------------|---------|------------|---------|---------|---------|---------|-----------------|
| Estoque engren mov G8 | 1628.7  | 350.179223 | 19.5386 | 109.715 | 51.8795 | 70.1374 | (95% C.I. Low)  |
| Estoque engren mov G8 | 1710.1  | 368.062877 | 33.8614 | 133.485 | 78.1205 | 74.6284 | (95% C.I. High) |
| Estoque engren mov G8 | 1610.93 | 346.273597 | 16.4106 | 104.525 | 46.1488 | 69.1566 | (99% C.I. Low)  |
| Estoque engren mov G8 | 1727.87 | 371.968503 | 36.9894 | 138.675 | 83.8512 | 75.6092 | (99% C.I. High) |
| Estoque rotor A 12    | 1433    | 418.494766 | 0       | 74      | 39      | 31.9557 | (Batch 1)       |
| Estoque rotor A 12    | 1262    | 474.499350 | 0       | 69      | 28      | 30.1908 | (Batch 2)       |
| Estoque rotor A 12    | 1309    | 458.307166 | 0       | 63      | 41      | 28.2806 | (Batch 3)       |
| Estoque rotor A 12    | 1326    | 452.330807 | 0       | 67      | 39      | 30.2184 | (Batch 4)       |
| Estoque rotor A 12    | 1353    | 442.276016 | 0       | 62      | 25      | 30.0722 | (Batch 5)       |
| Estoque rotor A 12    | 1406    | 426.189900 | 0       | 73      | 13      | 31.7679 | (Batch 6)       |
| Estoque rotor A 12    | 1488    | 402.602950 | 0       | 70      | 55      | 28.9263 | (Batch 7)       |
| Estoque rotor A 12    | 1361    | 440.579611 | 0       | 79      | 44      | 37.205  | (Batch 8)       |
| Estoque rotor A 12    | 1215    | 493.026856 | 0       | 63      | 19      | 26.0674 | (Batch 9)       |
| Estoque rotor A 12    | 1401    | 427.103183 | 0       | 70      | 33      | 30.3539 | (Batch 10)      |
| Estoque rotor A 12    | 1355.4  | 443.541061 | 0       | 69      | 33.6    | 30.5038 | (Average)       |
| Estoque rotor A 12    | 81.4687 | 27.054349  | 0       | 5.4569  | 12.5716 | 2.90807 | (Std. Dev.)     |
| Estoque rotor A 12    | 1308.18 | 427.859129 | 0       | 65.8369 | 26.3129 | 28.8182 | (90% C.I. Low)  |
| Estoque rotor A 12    | 1402.62 | 459.222992 | 0       | 72.1631 | 40.8871 | 32.1895 | (90% C.I. High) |
| Estoque rotor A 12    | 1297.12 | 424.188890 | 0       | 65.0966 | 24.6075 | 28.4236 | (95% C.I. Low)  |
| Estoque rotor A 12    | 1413.68 | 462.893231 | 0       | 72.9034 | 42.5925 | 32.584  | (95% C.I. High) |
| Estoque rotor A 12    | 1271.67 | 415.736218 | 0       | 63.3917 | 20.6797 | 27.5151 | (99% C.I. Low)  |
| Estoque rotor A 12    | 1439.13 | 471.345903 | 0       | 74.6083 | 46.5203 | 33.4926 | (99% C.I. High) |
| Estoque rotor E 12    | 823     | 728.679222 | 0       | 17      | 3       | 8.07201 | (Batch 1)       |
| Estoque rotor E 12    | 757     | 791.041189 | 0       | 18      | 3       | 8.91837 | (Batch 2)       |
| Estoque rotor E 12    | 715     | 839.054657 | 0       | 11      | 7       | 5.57517 | (Batch 3)       |
| Estoque rotor E 12    | 778     | 770.939139 | 0       | 18      | 3       | 8.4653  | (Batch 4)       |
| Estoque rotor E 12    | 768     | 779.165951 | 0       | 12      | 5       | 5.46857 | (Batch 5)       |
| Estoque rotor E 12    | 799     | 749.966208 | 0       | 13      | 11      | 5.43712 | (Batch 6)       |
| Estoque rotor E 12    | 740     | 809.558365 | 0       | 12      | 8       | 5.15292 | (Batch 7)       |
| Estoque rotor E 12    | 728     | 823.666003 | 0       | 15      | 0       | 6.30639 | (Batch 8)       |
| Estoque rotor E 12    | 694     | 863.152205 | 0       | 17      | 0       | 8.35867 | (Batch 9)       |
| Estoque rotor E 12    | 737     | 811.901710 | 0       | 20      | 6       | 10.3604 | (Batch 10)      |
| Estoque rotor E 12    | 753.9   | 796.712465 | 0       | 15.3    | 4.6     | 7.21149 | (Average)       |
| Estoque rotor E 12    | 39.2271 | 41.024879  | 0       | 3.12872 | 3.50238 | 1.83721 | (Std. Dev.)     |
| Estoque rotor E 12    | 731.162 | 772.932578 | 0       | 13.4865 | 2.56986 | 6.14656 | (90% C.I. Low)  |
| Estoque rotor E 12    | 776.638 | 820.492351 | 0       | 17.1135 | 6.63014 | 8.27641 | (90% C.I. High) |
| Estoque rotor E 12    | 725.841 | 767.367073 | 0       | 13.062  | 2.09472 | 5.89732 | (95% C.I. Low)  |
| Estoque rotor E 12    | 781.959 | 826.057856 | 0       | 17.538  | 7.10528 | 8.52565 | (95% C.I. High) |
| Estoque rotor E 12    | 713.585 | 754.549546 | 0       | 12.0845 | 1.00046 | 5.32332 | (99% C.I. Low)  |

|                    |         |            |           |         |         |         |                 |
|--------------------|---------|------------|-----------|---------|---------|---------|-----------------|
| Estoque rotor E 12 | 794.215 | 838.875384 | 0         | 18.5155 | 8.19954 | 9.09966 | (99% C.I. High) |
| Estoque rotor A 25 | 1310    | 457.788550 | 0         | 72      | 33      | 33.3427 | (Batch 1)       |
| Estoque rotor A 25 | 1296    | 462.051065 | 9         | 74      | 42      | 37.4482 | (Batch 2)       |
| Estoque rotor A 25 | 1221    | 491.338313 | 0         | 68      | 36      | 30.1214 | (Batch 3)       |
| Estoque rotor A 25 | 1261    | 475.646828 | 0         | 57      | 19      | 32.0253 | (Batch 4)       |
| Estoque rotor A 25 | 1320    | 453.332917 | 9         | 67      | 27      | 34.4159 | (Batch 5)       |
| Estoque rotor A 25 | 1410    | 425.445879 | 0         | 67      | 56      | 32.9339 | (Batch 6)       |
| Estoque rotor A 25 | 1289    | 464.758099 | 0         | 68      | 28      | 33.5759 | (Batch 7)       |
| Estoque rotor A 25 | 1291    | 464.468513 | 5         | 63      | 21      | 33.5778 | (Batch 8)       |
| Estoque rotor A 25 | 1234    | 485.435681 | 1         | 63      | 31      | 33.3859 | (Batch 9)       |
| Estoque rotor A 25 | 1339    | 446.879432 | 5         | 91      | 25      | 34.2711 | (Batch 10)      |
| Estoque rotor A 25 | 1297.1  | 462.714528 | 2.9       | 69      | 31.8    | 33.5098 | (Average)       |
| Estoque rotor A 25 | 54.1325 | 19.039408  | 3.78447   | 9.09212 | 10.9219 | 1.85535 | (Std. Dev.)     |
| Estoque rotor A 25 | 1265.72 | 451.678421 | 0.706348  | 63.7298 | 25.4691 | 32.4344 | (90% C.I. Low)  |
| Estoque rotor A 25 | 1328.48 | 473.750634 | 5.09365   | 74.2702 | 38.1309 | 34.5853 | (90% C.I. High) |
| Estoque rotor A 25 | 1258.38 | 449.095502 | 0.19294   | 62.4963 | 23.9875 | 32.1827 | (95% C.I. Low)  |
| Estoque rotor A 25 | 1335.82 | 476.333553 | 5.60706   | 75.5037 | 39.6125 | 34.837  | (95% C.I. High) |
| Estoque rotor A 25 | 1241.47 | 443.146962 | -0.989453 | 59.6557 | 20.5751 | 31.603  | (99% C.I. Low)  |
| Estoque rotor A 25 | 1352.73 | 482.282093 | 6.78945   | 78.3443 | 43.0249 | 35.4166 | (99% C.I. High) |
| Estoque rotor E 25 | 813     | 737.642066 | 0         | 16      | 7       | 7.04759 | (Batch 1)       |
| Estoque rotor E 25 | 799     | 749.459549 | 0         | 28      | 13      | 8.80092 | (Batch 2)       |
| Estoque rotor E 25 | 731     | 820.689576 | 0         | 14      | 5       | 6.29435 | (Batch 3)       |
| Estoque rotor E 25 | 826     | 726.138801 | 0         | 19      | 15      | 8.11488 | (Batch 4)       |
| Estoque rotor E 25 | 808     | 740.593379 | 0         | 23      | 9       | 8.46029 | (Batch 5)       |
| Estoque rotor E 25 | 847     | 707.465171 | 0         | 20      | 3       | 7.3729  | (Batch 6)       |
| Estoque rotor E 25 | 861     | 695.787677 | 0         | 31      | 9       | 9.8979  | (Batch 7)       |
| Estoque rotor E 25 | 741     | 809.215722 | 0         | 18      | 6       | 8.03305 | (Batch 8)       |
| Estoque rotor E 25 | 740     | 809.496797 | 0         | 15      | 8       | 6.36791 | (Batch 9)       |
| Estoque rotor E 25 | 816     | 733.298480 | 0         | 21      | 17      | 8.01405 | (Batch 10)      |
| Estoque rotor E 25 | 798.2   | 752.978722 | 0         | 20.5    | 9.2     | 7.84038 | (Average)       |
| Estoque rotor E 25 | 45.8325 | 44.463017  | 0         | 5.52268 | 4.49197 | 1.10997 | (Std. Dev.)     |
| Estoque rotor E 25 | 771.633 | 727.205934 | 0         | 17.2988 | 6.59625 | 7.19699 | (90% C.I. Low)  |
| Estoque rotor E 25 | 824.767 | 778.751510 | 0         | 23.7012 | 11.8037 | 8.48378 | (90% C.I. High) |
| Estoque rotor E 25 | 765.416 | 721.174005 | 0         | 16.5496 | 5.98686 | 7.04641 | (95% C.I. Low)  |
| Estoque rotor E 25 | 830.984 | 784.783439 | 0         | 24.4504 | 12.4131 | 8.63436 | (95% C.I. High) |
| Estoque rotor E 25 | 751.096 | 707.282290 | 0         | 14.8241 | 4.58342 | 6.69962 | (99% C.I. Low)  |
| Estoque rotor E 25 | 845.304 | 798.675154 | 0         | 26.1759 | 13.8166 | 8.98115 | (99% C.I. High) |
| Estoque rotor A 40 | 1321    | 453.976533 | 0         | 84      | 27      | 35.9474 | (Batch 1)       |

|                       |         |            |         |         |         |         |                 |
|-----------------------|---------|------------|---------|---------|---------|---------|-----------------|
| Estoque rotor A 40    | 1042    | 574.681555 | 0       | 71      | 59      | 34.9998 | (Batch 2)       |
| Estoque rotor A 40    | 1217    | 492.953229 | 0       | 59      | 42      | 30.4297 | (Batch 3)       |
| Estoque rotor A 40    | 1163    | 515.727128 | 0       | 68      | 25      | 30.8028 | (Batch 4)       |
| Estoque rotor A 40    | 1286    | 465.318390 | 0       | 73      | 24      | 35.2459 | (Batch 5)       |
| Estoque rotor A 40    | 1428    | 419.623950 | 15      | 78      | 37      | 40.3363 | (Batch 6)       |
| Estoque rotor A 40    | 1303    | 459.903323 | 0       | 65      | 50      | 32.6678 | (Batch 7)       |
| Estoque rotor A 40    | 1016    | 590.185876 | 0       | 57      | 15      | 26.3709 | (Batch 8)       |
| Estoque rotor A 40    | 1272    | 470.933671 | 0       | 79      | 40      | 29.0275 | (Batch 9)       |
| Estoque rotor A 40    | 1254    | 477.170303 | 0       | 82      | 55      | 35.1231 | (Batch 10)      |
| Estoque rotor A 40    | 1230.2  | 492.047396 | 1.5     | 71.6    | 37.4    | 33.0951 | (Average)       |
| Estoque rotor A 40    | 126.53  | 53.883063  | 4.74342 | 9.35949 | 14.5541 | 4.04474 | (Std. Dev.)     |
| Estoque rotor A 40    | 1156.86 | 460.814321 | -1.2495 | 66.1748 | 28.9638 | 30.7506 | (90% C.I. Low)  |
| Estoque rotor A 40    | 1303.54 | 523.280471 | 4.2495  | 77.0252 | 45.8362 | 35.4396 | (90% C.I. High) |
| Estoque rotor A 40    | 1139.69 | 453.504453 | -1.893  | 64.9051 | 26.9893 | 30.2019 | (95% C.I. Low)  |
| Estoque rotor A 40    | 1320.71 | 530.590339 | 4.893   | 78.2949 | 47.8107 | 35.9883 | (95% C.I. High) |
| Estoque rotor A 40    | 1100.16 | 436.669604 | -3.375  | 61.9809 | 22.4422 | 28.9382 | (99% C.I. Low)  |
| Estoque rotor A 40    | 1360.24 | 547.425188 | 6.375   | 81.2191 | 52.3578 | 37.252  | (99% C.I. High) |
| Estoque rotor E 40    | 720     | 832.920833 | 0       | 8       | 5       | 6.21261 | (Batch 1)       |
| Estoque rotor E 40    | 646     | 926.963127 | 0       | 11      | 2       | 6.91356 | (Batch 2)       |
| Estoque rotor E 40    | 667     | 899.436402 | 0       | 8       | 0       | 2.94255 | (Batch 3)       |
| Estoque rotor E 40    | 699     | 858.069599 | 0       | 8       | 4       | 4.4933  | (Batch 4)       |
| Estoque rotor E 40    | 706     | 847.591289 | 0       | 7       | 4       | 3.97175 | (Batch 5)       |
| Estoque rotor E 40    | 761     | 787.415243 | 0       | 9       | 6       | 3.49153 | (Batch 6)       |
| Estoque rotor E 40    | 719     | 833.203324 | 0       | 12      | 11      | 2.85584 | (Batch 7)       |
| Estoque rotor E 40    | 646     | 928.218034 | 0       | 11      | 6       | 4.15925 | (Batch 8)       |
| Estoque rotor E 40    | 641     | 934.520484 | 0       | 6       | 6       | 4.32027 | (Batch 9)       |
| Estoque rotor E 40    | 669     | 894.426846 | 0       | 6       | 0       | 4.37744 | (Batch 10)      |
| Estoque rotor E 40    | 687.4   | 874.276518 | 0       | 8.6     | 4.4     | 4.37381 | (Average)       |
| Estoque rotor E 40    | 39.8531 | 49.744797  | 0       | 2.1187  | 3.27278 | 1.29904 | (Std. Dev.)     |
| Estoque rotor E 40    | 664.299 | 845.442171 | 0       | 7.37191 | 2.50295 | 3.62083 | (90% C.I. Low)  |
| Estoque rotor E 40    | 710.501 | 903.110866 | 0       | 9.82809 | 6.29705 | 5.12679 | (90% C.I. High) |
| Estoque rotor E 40    | 658.893 | 838.693706 | 0       | 7.08448 | 2.05895 | 3.4446  | (95% C.I. Low)  |
| Estoque rotor E 40    | 715.907 | 909.859330 | 0       | 10.1155 | 6.74105 | 5.30302 | (95% C.I. High) |
| Estoque rotor E 40    | 646.441 | 823.151789 | 0       | 6.42253 | 1.03643 | 3.03874 | (99% C.I. Low)  |
| Estoque rotor E 40    | 728.359 | 925.401248 | 0       | 10.7775 | 7.76357 | 5.70888 | (99% C.I. High) |
| Estoque carcacasAl G2 | 25450   | 23.563851  | 978     | 2184    | 1516    | 1468.98 | (Batch 1)       |
| Estoque carcacasAl G2 | 27309   | 21.930493  | 1213    | 1813    | 1302    | 1529.4  | (Batch 2)       |
| Estoque carcacasAl G2 | 26201   | 22.878913  | 1048    | 1794    | 1578    | 1425.83 | (Batch 3)       |
| Estoque carcacasAl G2 | 27123   | 22.114109  | 1103    | 1863    | 1303    | 1505.93 | (Batch 4)       |

|                       |         |            |         |         |         |         |                 |
|-----------------------|---------|------------|---------|---------|---------|---------|-----------------|
| Estoque carcacasAl G2 | 26409   | 22.706820  | 904     | 1875    | 1548    | 1401.37 | (Batch 5)       |
| Estoque carcacasAl G2 | 25955   | 23.098247  | 1059    | 2434    | 1588    | 1555.12 | (Batch 6)       |
| Estoque carcacasAl G2 | 27438   | 21.856549  | 1076    | 1875    | 1682    | 1456.71 | (Batch 7)       |
| Estoque carcacasAl G2 | 26489   | 22.639009  | 985     | 2736    | 1758    | 1708.42 | (Batch 8)       |
| Estoque carcacasAl G2 | 25392   | 23.601048  | 987     | 1796    | 1351    | 1429.78 | (Batch 9)       |
| Estoque carcacasAl G2 | 23940   | 25.060278  | 963     | 1675    | 1082    | 1338.17 | (Batch 10)      |
| Estoque carcacasAl G2 | 26170.6 | 22.944932  | 1031.6  | 2004.5  | 1470.8  | 1481.97 | (Average)       |
| Estoque carcacasAl G2 | 1060.19 | 0.964383   | 87.5699 | 339.668 | 206.152 | 101.822 | (Std. Dev.)     |
| Estoque carcacasAl G2 | 25556.1 | 22.385931  | 980.84  | 1807.61 | 1351.3  | 1422.95 | (90% C.I. Low)  |
| Estoque carcacasAl G2 | 26785.1 | 23.503932  | 1082.36 | 2201.39 | 1590.3  | 1540.99 | (90% C.I. High) |
| Estoque carcacasAl G2 | 25412.2 | 22.255101  | 968.961 | 1761.53 | 1323.34 | 1409.14 | (95% C.I. Low)  |
| Estoque carcacasAl G2 | 26929   | 23.634762  | 1094.24 | 2247.47 | 1618.26 | 1554.8  | (95% C.I. High) |
| Estoque carcacasAl G2 | 25081   | 21.953796  | 941.601 | 1655.41 | 1258.93 | 1377.32 | (99% C.I. Low)  |
| Estoque carcacasAl G2 | 27260.2 | 23.936067  | 1121.6  | 2353.59 | 1682.67 | 1586.62 | (99% C.I. High) |
|                       |         |            |         |         |         |         |                 |
| Estoque carcacasAl G3 | 4582    | 130.541248 | 148     | 304     | 218     | 235.284 | (Batch 1)       |
| Estoque carcacasAl G3 | 4419    | 135.465037 | 183     | 270     | 221     | 226.142 | (Batch 2)       |
| Estoque carcacasAl G3 | 4353    | 137.739642 | 146     | 275     | 201     | 222.897 | (Batch 3)       |
| Estoque carcacasAl G3 | 4494    | 133.444593 | 156     | 297     | 204     | 227.158 | (Batch 4)       |
| Estoque carcacasAl G3 | 4287    | 139.826219 | 182     | 276     | 182     | 227.822 | (Batch 5)       |
| Estoque carcacasAl G3 | 4463    | 134.346312 | 152     | 349     | 297     | 227.661 | (Batch 6)       |
| Estoque carcacasAl G3 | 4421    | 135.648043 | 162     | 345     | 214     | 229.178 | (Batch 7)       |
| Estoque carcacasAl G3 | 4494    | 133.347735 | 158     | 292     | 253     | 225.889 | (Batch 8)       |
| Estoque carcacasAl G3 | 4714    | 127.250458 | 150     | 301     | 262     | 239.896 | (Batch 9)       |
| Estoque carcacasAl G3 | 4320    | 138.819444 | 150     | 295     | 239     | 224.998 | (Batch 10)      |
| Estoque carcacasAl G3 | 4454.7  | 134.642873 | 158.7   | 300.4   | 229.1   | 228.692 | (Average)       |
| Estoque carcacasAl G3 | 127.201 | 3.804375   | 13.4334 | 27.1629 | 34.0211 | 5.10951 | (Std. Dev.)     |
| Estoque carcacasAl G3 | 4380.97 | 132.437684 | 150.913 | 284.655 | 209.38  | 225.731 | (90% C.I. Low)  |
| Estoque carcacasAl G3 | 4528.43 | 136.848062 | 166.487 | 316.145 | 248.82  | 231.654 | (90% C.I. High) |
| Estoque carcacasAl G3 | 4363.71 | 131.921576 | 149.091 | 280.97  | 204.764 | 225.038 | (95% C.I. Low)  |
| Estoque carcacasAl G3 | 4545.69 | 137.364170 | 168.309 | 319.83  | 253.436 | 232.347 | (95% C.I. High) |
| Estoque carcacasAl G3 | 4323.97 | 130.732963 | 144.894 | 272.484 | 194.135 | 223.441 | (99% C.I. Low)  |
| Estoque carcacasAl G3 | 4585.43 | 138.552783 | 172.506 | 328.316 | 264.065 | 233.944 | (99% C.I. High) |
|                       |         |            |         |         |         |         |                 |
| Estoque carcacas G8   | 1581    | 378.354744 | 37      | 163     | 70      | 90.6512 | (Batch 1)       |
| Estoque carcacas G8   | 1725    | 347.443925 | 55      | 128     | 121     | 87.5422 | (Batch 2)       |
| Estoque carcacas G8   | 1612    | 371.143697 | 50      | 134     | 65      | 93.5893 | (Batch 3)       |
| Estoque carcacas G8   | 1748    | 342.490177 | 53      | 163     | 97      | 95.5942 | (Batch 4)       |
| Estoque carcacas G8   | 1671    | 358.750598 | 46      | 160     | 130     | 89.5143 | (Batch 5)       |
| Estoque carcacas G8   | 1705    | 351.750645 | 47      | 148     | 113     | 93.3904 | (Batch 6)       |
| Estoque carcacas G8   | 1601    | 374.580262 | 48      | 129     | 88      | 86.9195 | (Batch 7)       |

|         |          |       |         |            |           |         |         |         |                 |
|---------|----------|-------|---------|------------|-----------|---------|---------|---------|-----------------|
| Estoque | carcacas | G8    | 1684    | 338.987380 | 57        | 130     | 72      | 91.1298 | (Batch 8)       |
| Estoque | carcacas | G8    | 1713    | 349.983900 | 54        | 141     | 75      | 92.5197 | (Batch 9)       |
| Estoque | carcacas | G8    | 1696    | 352.696268 | 52        | 126     | 91      | 90.852  | (Batch 10)      |
| Estoque | carcacas | G8    | 1671.6  | 358.618160 | 49.9      | 142.2   | 92.2    | 91.1702 | (Average)       |
| Estoque | carcacas | G8    | 56.6827 | 12.216209  | 5.78216   | 15.1716 | 22.7782 | 2.71863 | (Std. Dev.)     |
| Estoque | carcacas | G8    | 1638.74 | 351.537089 | 46.5484   | 133.406 | 78.9967 | 89.5944 | (90% C.I. Low)  |
| Estoque | carcacas | G8    | 1704.46 | 365.699230 | 53.2516   | 150.994 | 105.403 | 92.7461 | (90% C.I. High) |
| Estoque | carcacas | G8    | 1631.05 | 349.879818 | 45.764    | 131.348 | 75.9066 | 89.2256 | (95% C.I. Low)  |
| Estoque | carcacas | G8    | 1712.15 | 367.356502 | 54.036    | 153.052 | 108.493 | 93.1149 | (95% C.I. High) |
| Estoque | carcacas | G8    | 1613.34 | 346.063070 | 43.9574   | 126.608 | 68.79   | 88.3762 | (99% C.I. Low)  |
| Estoque | carcacas | G8    | 1729.86 | 371.173249 | 55.8426   | 157.792 | 115.61  | 93.9643 | (99% C.I. High) |
|         |          |       |         |            |           |         |         |         |                 |
| Estoque | carcacas | V3 12 | 1570    | 381.976433 | 0         | 88      | 74      | 43.5387 | (Batch 1)       |
| Estoque | carcacas | V3 12 | 1351    | 443.240696 | 6         | 90      | 18      | 42.2377 | (Batch 2)       |
| Estoque | carcacas | V3 12 | 1375    | 436.308422 | 10        | 70      | 17      | 38.536  | (Batch 3)       |
| Estoque | carcacas | V3 12 | 1442    | 415.943585 | 2         | 96      | 7       | 40.958  | (Batch 4)       |
| Estoque | carcacas | V3 12 | 1512    | 395.766832 | 3         | 81      | 58      | 40.7995 | (Batch 5)       |
| Estoque | carcacas | V3 12 | 1450    | 413.257241 | 0         | 91      | 10      | 39.9275 | (Batch 6)       |
| Estoque | carcacas | V3 12 | 1545    | 387.749638 | 5         | 82      | 47      | 39.2918 | (Batch 7)       |
| Estoque | carcacas | V3 12 | 1478    | 405.702876 | 12        | 86      | 39      | 45.0416 | (Batch 8)       |
| Estoque | carcacas | V3 12 | 1316    | 455.188169 | 0         | 67      | 41      | 31.8395 | (Batch 9)       |
| Estoque | carcacas | V3 12 | 1449    | 412.954838 | 4         | 84      | 29      | 40.5299 | (Batch 10)      |
| Estoque | carcacas | V3 12 | 1448.8  | 414.808873 | 4.2       | 83.5    | 34      | 40.27   | (Average)       |
| Estoque | carcacas | V3 12 | 82.6543 | 23.953448  | 4.18463   | 9.09518 | 21.8429 | 3.54809 | (Std. Dev.)     |
| Estoque | carcacas | V3 12 | 1400.89 | 400.924365 | 1.7744    | 78.228  | 21.3389 | 38.2134 | (90% C.I. Low)  |
| Estoque | carcacas | V3 12 | 1496.71 | 428.693381 | 6.6256    | 88.772  | 46.6611 | 42.3266 | (90% C.I. High) |
| Estoque | carcacas | V3 12 | 1389.68 | 397.674799 | 1.20671   | 76.9942 | 18.3756 | 37.732  | (95% C.I. Low)  |
| Estoque | carcacas | V3 12 | 1507.92 | 431.942947 | 7.19329   | 90.0058 | 49.6244 | 42.808  | (95% C.I. High) |
| Estoque | carcacas | V3 12 | 1363.85 | 390.190950 | -0.100711 | 74.1525 | 11.5512 | 36.6235 | (99% C.I. Low)  |
| Estoque | carcacas | V3 12 | 1533.75 | 439.426795 | 8.50071   | 92.8475 | 56.4488 | 43.9165 | (99% C.I. High) |
|         |          |       |         |            |           |         |         |         |                 |
| Estoque | carcacas | V3 25 | 1426    | 420.549088 | 10        | 74      | 34      | 38.4746 | (Batch 1)       |
| Estoque | carcacas | V3 25 | 1495    | 400.547278 | 6         | 84      | 72      | 44.4345 | (Batch 2)       |
| Estoque | carcacas | V3 25 | 1303    | 460.417559 | 6         | 72      | 40      | 36.3014 | (Batch 3)       |
| Estoque | carcacas | V3 25 | 1434    | 418.264052 | 10        | 72      | 38      | 40.9722 | (Batch 4)       |
| Estoque | carcacas | V3 25 | 1424    | 420.224333 | 8         | 72      | 8       | 41.4717 | (Batch 5)       |
| Estoque | carcacas | V3 25 | 1546    | 387.595731 | 1         | 67      | 33      | 34.5171 | (Batch 6)       |
| Estoque | carcacas | V3 25 | 1497    | 400.182492 | 1         | 83      | 39      | 41.921  | (Batch 7)       |
| Estoque | carcacas | V3 25 | 1406    | 426.478556 | 0         | 67      | 25      | 36.6164 | (Batch 8)       |
| Estoque | carcacas | V3 25 | 1364    | 439.169817 | 9         | 67      | 47      | 36.5245 | (Batch 9)       |
| Estoque | carcacas | V3 25 | 1489    | 401.861357 | 7         | 99      | 41      | 43.2067 | (Batch 10)      |

|                        |         |            |           |         |         |         |                 |
|------------------------|---------|------------|-----------|---------|---------|---------|-----------------|
| Estoque carcacas V3 25 | 71.5498 | 21.436029  | 3.8239    | 10.1986 | 16.1936 | 3.38714 | (Average)       |
| Estoque carcacas V3 25 | 1396.93 | 405.103729 | 3.58349   | 69.7884 | 28.3134 | 37.4807 | (90% C.I. Low)  |
| Estoque carcacas V3 25 | 1479.87 | 429.954324 | 8.01651   | 81.6116 | 47.0866 | 41.4074 | (90% C.I. High) |
| Estoque carcacas V3 25 | 1387.22 | 402.195680 | 3.06474   | 68.4049 | 26.1166 | 37.0212 | (95% C.I. Low)  |
| Estoque carcacas V3 25 | 1489.58 | 432.862372 | 8.53526   | 82.9951 | 49.2834 | 41.8669 | (95% C.I. High) |
| Estoque carcacas V3 25 | 1364.87 | 395.498357 | 1.87002   | 65.2185 | 21.0572 | 35.9629 | (99% C.I. Low)  |
| Estoque carcacas V3 25 | 1511.93 | 439.559696 | 9.72998   | 86.1815 | 54.3428 | 42.9251 | (99% C.I. High) |
| Estoque carcacas V3 40 | 1339    | 447.873786 | 0         | 77      | 50      | 34.6819 | (Batch 1)       |
| Estoque carcacas V3 40 | 1033    | 579.688461 | 0         | 74      | 47      | 34.1625 | (Batch 2)       |
| Estoque carcacas V3 40 | 1271    | 472.009504 | 0         | 61      | 46      | 29.8994 | (Batch 3)       |
| Estoque carcacas V3 40 | 1210    | 495.694752 | 0         | 96      | 39      | 37.9353 | (Batch 4)       |
| Estoque carcacas V3 40 | 1304    | 458.895284 | 0         | 75      | 22      | 35.6915 | (Batch 5)       |
| Estoque carcacas V3 40 | 1465    | 409.025939 | 6         | 66      | 26      | 37.6155 | (Batch 6)       |
| Estoque carcacas V3 40 | 1329    | 450.769895 | 4         | 65      | 32      | 34.6392 | (Batch 7)       |
| Estoque carcacas V3 40 | 1054    | 568.907827 | 0         | 63      | 6       | 28.5192 | (Batch 8)       |
| Estoque carcacas V3 40 | 1292    | 463.643676 | 0         | 75      | 30      | 28.9212 | (Batch 9)       |
| Estoque carcacas V3 40 | 1249    | 479.080512 | 0         | 73      | 22      | 34.0385 | (Batch 10)      |
| Estoque carcacas V3 40 | 1254.6  | 482.558964 | 1         | 72.5    | 32      | 33.6104 | (Average)       |
| Estoque carcacas V3 40 | 130.129 | 53.463046  | 2.16025   | 10.0471 | 13.784  | 3.39037 | (Std. Dev.)     |
| Estoque carcacas V3 40 | 1179.17 | 451.569350 | -0.252177 | 66.6762 | 24.0101 | 31.6452 | (90% C.I. Low)  |
| Estoque carcacas V3 40 | 1330.03 | 513.548577 | 2.25218   | 78.3238 | 39.9899 | 35.5756 | (90% C.I. High) |
| Estoque carcacas V3 40 | 1161.52 | 444.316462 | -0.54524  | 65.3132 | 22.1402 | 31.1853 | (95% C.I. Low)  |
| Estoque carcacas V3 40 | 1347.68 | 520.801465 | 2.54524   | 79.6868 | 41.8598 | 36.0356 | (95% C.I. High) |
| Estoque carcacas V3 40 | 1120.86 | 427.612840 | -1.22017  | 62.1742 | 17.8336 | 30.126  | (99% C.I. Low)  |
| Estoque carcacas V3 40 | 1388.34 | 537.505087 | 3.22017   | 82.8258 | 46.1664 | 37.0949 | (99% C.I. High) |
| Estoque flanges G2     | 25338   | 23.668009  | 1401      | 2787    | 2172    | 2080.03 | (Batch 1)       |
| Estoque flanges G2     | 27493   | 21.783721  | 1787      | 2995    | 2142    | 2331.3  | (Batch 2)       |
| Estoque flanges G2     | 26041   | 23.006029  | 1610      | 2765    | 2258    | 2160.97 | (Batch 3)       |
| Estoque flanges G2     | 27219   | 22.027995  | 1729      | 2744    | 2079    | 2281.53 | (Batch 4)       |
| Estoque flanges G2     | 26257   | 22.807627  | 1470      | 2716    | 2172    | 2110.12 | (Batch 5)       |
| Estoque flanges G2     | 26111   | 22.944353  | 1693      | 2614    | 2368    | 2164.5  | (Batch 6)       |
| Estoque flanges G2     | 27482   | 21.821556  | 1740      | 2720    | 2506    | 2220.79 | (Batch 7)       |
| Estoque flanges G2     | 26545   | 22.570400  | 1536      | 2698    | 2638    | 2207.09 | (Batch 8)       |
| Estoque flanges G2     | 24984   | 23.932024  | 1581      | 2685    | 1823    | 2154.46 | (Batch 9)       |
| Estoque flanges G2     | 24132   | 24.850820  | 1499      | 2572    | 1746    | 1996.78 | (Batch 10)      |
| Estoque flanges G2     | 26160.2 | 22.941253  | 1604.6    | 2729.6  | 2190.4  | 2170.76 | (Average)       |
| Estoque flanges G2     | 1105.12 | 0.985646   | 129.489   | 113.851 | 275.674 | 96.8648 | (Std. Dev.)     |
| Estoque flanges G2     | 25519.6 | 22.369928  | 1529.54   | 2663.61 | 2030.61 | 2114.61 | (90% C.I. Low)  |

|                    |         |            |         |         |         |         |        |                 |
|--------------------|---------|------------|---------|---------|---------|---------|--------|-----------------|
| Estoque flanges G2 | 25369.7 | 22.236214  | 1511.98 | 2648.16 | 1993.21 | 2101.47 | 2226.9 | (95% C.I. Low)  |
| Estoque flanges G2 | 26950.7 | 23.646293  | 1697.22 | 2811.04 | 2387.59 | 2240.05 |        | (95% C.I. High) |
| Estoque flanges G2 | 25024.4 | 21.928265  | 1471.52 | 2612.59 | 1907.08 | 2071.21 |        | (99% C.I. Low)  |
| Estoque flanges G2 | 27296   | 23.954242  | 1737.68 | 2846.61 | 2473.72 | 2270.31 |        | (99% C.I. High) |
| Estoque flanges G3 | 4553    | 131.372721 | 223     | 428     | 293     | 330.93  |        | (Batch 1)       |
| Estoque flanges G3 | 4475    | 133.769832 | 197     | 455     | 352     | 324.081 |        | (Batch 2)       |
| Estoque flanges G3 | 4313    | 139.017079 | 204     | 391     | 292     | 314.867 |        | (Batch 3)       |
| Estoque flanges G3 | 4512    | 132.912234 | 224     | 405     | 313     | 321.96  |        | (Batch 4)       |
| Estoque flanges G3 | 4275    | 140.218713 | 236     | 422     | 279     | 322.742 |        | (Batch 5)       |
| Estoque flanges G3 | 4361    | 137.488555 | 215     | 417     | 292     | 307.371 |        | (Batch 6)       |
| Estoque flanges G3 | 4558    | 131.570864 | 213     | 406     | 346     | 323.749 |        | (Batch 7)       |
| Estoque flanges G3 | 4480    | 133.420176 | 217     | 405     | 371     | 321.273 |        | (Batch 8)       |
| Estoque flanges G3 | 4722    | 127.034871 | 202     | 432     | 388     | 335.844 |        | (Batch 9)       |
| Estoque flanges G3 | 4326    | 138.626907 | 219     | 427     | 371     | 322.263 |        | (Batch 10)      |
| Estoque flanges G3 | 4457.5  | 134.543195 | 215     | 418.8   | 329.7   | 322.508 |        | (Average)       |
| Estoque flanges G3 | 138.946 | 4.181439   | 11.6619 | 18.1586 | 40.2935 | 7.7619  |        | (Std. Dev.)     |
| Estoque flanges G3 | 4376.96 | 132.119443 | 208.24  | 408.274 | 306.344 | 318.009 |        | (90% C.I. Low)  |
| Estoque flanges G3 | 4538.04 | 136.966948 | 221.76  | 429.326 | 353.056 | 327.007 |        | (90% C.I. High) |
| Estoque flanges G3 | 4358.11 | 131.552182 | 206.658 | 405.811 | 300.878 | 316.956 |        | (95% C.I. Low)  |
| Estoque flanges G3 | 4556.89 | 137.534209 | 223.342 | 431.789 | 358.522 | 328.06  |        | (95% C.I. High) |
| Estoque flanges G3 | 4314.7  | 130.245762 | 203.015 | 400.138 | 288.289 | 314.531 |        | (99% C.I. Low)  |
| Estoque flanges G3 | 4600.3  | 138.840628 | 226.985 | 437.462 | 371.111 | 330.485 |        | (99% C.I. High) |
| Estoque flanges G8 | 1633    | 367.051776 | 66      | 142     | 112     | 102.256 |        | (Batch 1)       |
| Estoque flanges G8 | 1690    | 354.563112 | 69      | 135     | 128     | 102.329 |        | (Batch 2)       |
| Estoque flanges G8 | 1658    | 360.846586 | 66      | 150     | 118     | 107.789 |        | (Batch 3)       |
| Estoque flanges G8 | 1719    | 348.268080 | 65      | 147     | 121     | 110.063 |        | (Batch 4)       |
| Estoque flanges G8 | 1617    | 370.731138 | 68      | 164     | 100     | 102.947 |        | (Batch 5)       |
| Estoque flanges G8 | 1749    | 342.901572 | 68      | 150     | 127     | 107.235 |        | (Batch 6)       |
| Estoque flanges G8 | 1583    | 378.839545 | 58      | 140     | 84      | 101.124 |        | (Batch 7)       |
| Estoque flanges G8 | 1714    | 348.515169 | 70      | 180     | 118     | 106.448 |        | (Batch 8)       |
| Estoque flanges G8 | 1681    | 356.646294 | 66      | 152     | 89      | 108.512 |        | (Batch 9)       |
| Estoque flanges G8 | 1704    | 351.040417 | 69      | 137     | 113     | 104.795 |        | (Batch 10)      |
| Estoque flanges G8 | 1674.8  | 357.940369 | 66.5    | 149.7   | 111     | 105.35  |        | (Average)       |
| Estoque flanges G8 | 51.5489 | 11.358237  | 3.40751 | 13.606  | 15.2096 | 3.08323 |        | (Std. Dev.)     |
| Estoque flanges G8 | 1644.92 | 351.356618 | 64.5249 | 141.813 | 102.184 | 103.563 |        | (90% C.I. Low)  |
| Estoque flanges G8 | 1704.68 | 364.524120 | 68.4751 | 157.587 | 119.816 | 107.137 |        | (90% C.I. High) |
| Estoque flanges G8 | 1637.93 | 349.815740 | 64.0626 | 139.968 | 100.12  | 103.144 |        | (95% C.I. Low)  |
| Estoque flanges G3 | 1711.67 | 366.064998 | 68.9374 | 159.432 | 121.88  | 107.555 |        | (95% C.I. High) |

|                      |         |            |         |         |         |         |                 |
|----------------------|---------|------------|---------|---------|---------|---------|-----------------|
| Estoque flanges G8   | 1727.78 | 369.613686 | 70.002  | 163.683 | 126.632 | 108.519 | (99% C.I. Low)  |
| Estoque tampas       | 30604   | 19.595478  | 0       | 758     | 298     | 219.238 | (Batch 1)       |
| Estoque tampas       | 31736   | 18.871308  | 0       | 695     | 95      | 273.024 | (Batch 2)       |
| Estoque tampas       | 30450   | 19.690662  | 0       | 704     | 247     | 252.519 | (Batch 3)       |
| Estoque tampas       | 31937   | 18.777593  | 0       | 758     | 295     | 257.451 | (Batch 4)       |
| Estoque tampas       | 30316   | 19.772892  | 0       | 863     | 138     | 243.857 | (Batch 5)       |
| Estoque tampas       | 30482   | 19.670218  | 0       | 693     | 357     | 252.823 | (Batch 6)       |
| Estoque tampas       | 31810   | 18.852562  | 0       | 735     | 319     | 253.983 | (Batch 7)       |
| Estoque tampas       | 31023   | 19.312487  | 0       | 688     | 474     | 238.508 | (Batch 8)       |
| Estoque tampas       | 30350   | 19.764700  | 0       | 667     | 320     | 252.313 | (Batch 9)       |
| Estoque tampas       | 28232   | 21.241853  | 0       | 678     | 0       | 231.912 | (Batch 10)      |
| Estoque tampas       | 30694   | 19.554975  | 0       | 723.9   | 254.3   | 247.563 | (Average)       |
| Estoque tampas       | 1075.99 | 0.714475   | 0       | 58.3256 | 139.247 | 14.9257 | (Std. Dev.)     |
| Estoque tampas       | 30070.3 | 19.140833  | 0       | 690.092 | 173.586 | 238.911 | (90% C.I. Low)  |
| Estoque tampas       | 31317.7 | 19.969118  | 0       | 757.708 | 335.014 | 256.214 | (90% C.I. High) |
| Estoque tampas       | 29924.3 | 19.043906  | 0       | 682.179 | 154.695 | 236.886 | (95% C.I. Low)  |
| Estoque tampas       | 31463.7 | 20.066045  | 0       | 765.621 | 353.905 | 258.239 | (95% C.I. High) |
| Estoque tampas       | 29588.2 | 18.820681  | 0       | 663.956 | 111.19  | 232.223 | (99% C.I. Low)  |
| Estoque tampas       | 31799.8 | 20.289270  | 0       | 783.844 | 397.41  | 262.903 | (99% C.I. High) |
| Estoque tampas V3 12 | 1533    | 391.195695 | 0       | 93      | 37      | 50.0898 | (Batch 1)       |
| Estoque tampas V3 12 | 1399    | 428.033009 | 17      | 97      | 29      | 46.7637 | (Batch 2)       |
| Estoque tampas V3 12 | 1393    | 430.670553 | 10      | 80      | 46      | 43.2733 | (Batch 3)       |
| Estoque tampas V3 12 | 1438    | 417.100591 | 6       | 88      | 32      | 46.5712 | (Batch 4)       |
| Estoque tampas V3 12 | 1459    | 410.143557 | 8       | 93      | 30      | 44.7588 | (Batch 5)       |
| Estoque tampas V3 12 | 1486    | 403.245626 | 10      | 90      | 18      | 45.3593 | (Batch 6)       |
| Estoque tampas V3 12 | 1520    | 394.127099 | 8       | 90      | 30      | 44.0088 | (Batch 7)       |
| Estoque tampas V3 12 | 1495    | 401.089532 | 14      | 97      | 39      | 53.654  | (Batch 8)       |
| Estoque tampas V3 12 | 1308    | 457.972194 | 3       | 81      | 33      | 38.4458 | (Batch 9)       |
| Estoque tampas V3 12 | 1463    | 409.003117 | 7       | 79      | 35      | 43.7707 | (Batch 10)      |
| Estoque tampas V3 12 | 1449.4  | 414.258097 | 8.3     | 88.8    | 32.9    | 45.6695 | (Average)       |
| Estoque tampas V3 12 | 67.9169 | 20.150766  | 4.92274 | 6.7297  | 7.34015 | 4.08948 | (Std. Dev.)     |
| Estoque tampas V3 12 | 1410.03 | 402.577796 | 5.44656 | 84.8992 | 28.6453 | 43.2991 | (90% C.I. Low)  |
| Estoque tampas V3 12 | 1488.77 | 425.938398 | 11.1534 | 92.7008 | 37.1547 | 48.04   | (90% C.I. High) |
| Estoque tampas V3 12 | 1400.82 | 399.844109 | 4.77873 | 83.9862 | 27.6495 | 42.7443 | (95% C.I. Low)  |
| Estoque tampas V3 12 | 1497.98 | 428.672085 | 11.8213 | 93.6138 | 38.1505 | 48.5948 | (95% C.I. High) |
| Estoque tampas V3 12 | 1379.6  | 393.548344 | 3.24071 | 81.8836 | 25.3562 | 41.4666 | (99% C.I. Low)  |
| Estoque tampas V3 12 | 1519.2  | 434.967850 | 13.3593 | 95.7164 | 40.4438 | 49.8725 | (99% C.I. High) |

|                      |         |            |          |         |         |         |                 |
|----------------------|---------|------------|----------|---------|---------|---------|-----------------|
| Estoque tampas V3 25 | 1481    | 404.333680 | 11       | 94      | 68      | 48.6177 | (Batch 2)       |
| Estoque tampas V3 25 | 1302    | 460.771183 | 7        | 81      | 35      | 39.8711 | (Batch 3)       |
| Estoque tampas V3 25 | 1458    | 411.379047 | 14       | 76      | 57      | 43.7983 | (Batch 4)       |
| Estoque tampas V3 25 | 1442    | 414.978814 | 8        | 80      | 45      | 45.0808 | (Batch 5)       |
| Estoque tampas V3 25 | 1525    | 392.933115 | 10       | 83      | 49      | 45.0823 | (Batch 6)       |
| Estoque tampas V3 25 | 1482    | 404.232922 | 9        | 103     | 40      | 47.9379 | (Batch 7)       |
| Estoque tampas V3 25 | 1420    | 422.273838 | 10       | 84      | 40      | 44.7694 | (Batch 8)       |
| Estoque tampas V3 25 | 1345    | 445.373703 | 11       | 75      | 43      | 41.2696 | (Batch 9)       |
| Estoque tampas V3 25 | 1493    | 400.784702 | 7        | 100     | 41      | 45.4826 | (Batch 10)      |
| Estoque tampas V3 25 | 1436.6  | 417.998272 | 8.7      | 85.8    | 46.2    | 44.7018 | (Average)       |
| Estoque tampas V3 25 | 68.8351 | 21.016299  | 3.71334  | 9.77298 | 9.69307 | 2.64168 | (Std. Dev.)     |
| Estoque tampas V3 25 | 1396.7  | 405.816270 | 6.54758  | 80.1351 | 40.5815 | 43.1705 | (90% C.I. Low)  |
| Estoque tampas V3 25 | 1476.5  | 430.180275 | 10.8524  | 91.4649 | 51.8185 | 46.233  | (90% C.I. High) |
| Estoque tampas V3 25 | 1387.36 | 402.965163 | 6.04382  | 78.8093 | 39.2665 | 42.8122 | (95% C.I. Low)  |
| Estoque tampas V3 25 | 1485.84 | 433.031382 | 11.3562  | 92.7907 | 53.1335 | 46.5914 | (95% C.I. High) |
| Estoque tampas V3 25 | 1365.86 | 396.398977 | 4.88365  | 75.7559 | 36.238  | 41.9868 | (99% C.I. Low)  |
| Estoque tampas V3 25 | 1507.34 | 439.597568 | 12.5163  | 95.8441 | 56.162  | 47.4167 | (99% C.I. High) |
| Estoque tampas V3 40 | 1328    | 451.583584 | 0        | 77      | 22      | 37.5778 | (Batch 1)       |
| Estoque tampas V3 40 | 1075    | 557.040167 | 0        | 75      | 61      | 40.2497 | (Batch 2)       |
| Estoque tampas V3 40 | 1241    | 483.419887 | 1        | 61      | 30      | 35.3363 | (Batch 3)       |
| Estoque tampas V3 40 | 1201    | 499.409367 | 0        | 96      | 14      | 38.2969 | (Batch 4)       |
| Estoque tampas V3 40 | 1379    | 433.937237 | 0        | 78      | 72      | 39.293  | (Batch 5)       |
| Estoque tampas V3 40 | 1421    | 421.691063 | 16       | 73      | 32      | 43.6027 | (Batch 6)       |
| Estoque tampas V3 40 | 1346    | 445.076664 | 1        | 68      | 55      | 36.9534 | (Batch 7)       |
| Estoque tampas V3 40 | 1033    | 580.473233 | 0        | 59      | 8       | 29.8269 | (Batch 8)       |
| Estoque tampas V2 40 | 1299    | 461.145212 | 0        | 67      | 39      | 33.5661 | (Batch 9)       |
| Estoque tampas V3 40 | 1272    | 470.417893 | 0        | 85      | 54      | 36.9469 | (Batch 10)      |
| Estoque tampas V3 40 | 1259.5  | 480.419431 | 1.8      | 73.9    | 38.7    | 37.165  | (Average)       |
| Estoque tampas V3 40 | 126.21  | 52.082072  | 5.00666  | 11.1101 | 21.2344 | 3.75909 | (Std. Dev.)     |
| Estoque tampas V3 40 | 1186.34 | 450.230292 | -1.10209 | 67.4601 | 26.3916 | 34.986  | (90% C.I. Low)  |
| Estoque tampas V3 40 | 1332.66 | 510.608569 | 4.70209  | 80.3399 | 51.0084 | 39.3439 | (90% C.I. High) |
| Estoque tampas V3 40 | 1169.22 | 443.164749 | -1.7813  | 65.9529 | 23.5109 | 34.4761 | (95% C.I. Low)  |
| Estoque tampas V3 40 | 1349.78 | 517.674112 | 5.3813   | 81.8471 | 53.8891 | 39.8539 | (95% C.I. High) |
| Estoque tampas V3 40 | 1129.79 | 426.892590 | -3.34555 | 62.4817 | 16.8765 | 33.3016 | (99% C.I. Low)  |
| Estoque tampas V3 40 | 1389.21 | 533.946272 | 6.94555  | 85.3183 | 60.5235 | 41.0283 | (99% C.I. High) |
| Estoque mancais      | 30336   | 19.768592  | 0        | 598     | 310     | 283.843 | (Batch 1)       |
| Estoque mancais      | 31808   | 18.841768  | 28       | 636     | 179     | 338.902 | (Batch 2)       |
| Estoque mancais      | 30378   | 19.737332  | 0        | 640     | 259     | 291.585 | (Batch 3)       |

|                      |          |              |         |         |         |         |                 |
|----------------------|----------|--------------|---------|---------|---------|---------|-----------------|
| Estoque mancais      | 30600    | 19.589379    | 0       | 634     | 338     | 288.728 | (Batch 5)       |
| Estoque mancais      | 30290    | 19.794902    | 0       | 607     | 365     | 301.705 | (Batch 6)       |
| Estoque mancais      | 31874    | 18.814708    | 0       | 651     | 391     | 292.083 | (Batch 7)       |
| Estoque mancais      | 31063    | 19.291976    | 0       | 704     | 586     | 301.994 | (Batch 8)       |
| Estoque mancais      | 30330    | 19.780309    | 0       | 653     | 412     | 303.468 | (Batch 9)       |
| Estoque mancais      | 28340    | 21.170346    | 0       | 642     | 200     | 271.44  | (Batch 10)      |
| Estoque mancais      | 30686    | 19.562352    | 2.8     | 640.7   | 325.1   | 298.106 | (Average)       |
| Estoque mancais      | 1062.41  | 0.702584     | 8.85438 | 28.4685 | 123.078 | 17.9106 | (Std. Dev.)     |
| Estoque mancais      | 30070.2  | 19.155102    | -2.3324 | 624.198 | 253.759 | 287.724 | (90% C.I. Low)  |
| Estoque mancais      | 31301.8  | 19.969602    | 7.9324  | 657.202 | 396.441 | 308.487 | (90% C.I. High) |
| Estoque mancais      | 29926.1  | 19.059788    | -3.5336 | 620.336 | 237.062 | 285.294 | (95% C.I. Low)  |
| Estoque mancais      | 31445.9  | 20.064916    | 9.1336  | 661.064 | 413.138 | 310.917 | (95% C.I. High) |
| Estoque mancais      | 29594.1  | 18.840278    | -6.3    | 611.442 | 198.608 | 279.698 | (99% C.I. Low)  |
| Estoque mancais      | 31777.9  | 20.284426    | 11.9    | 669.958 | 451.592 | 316.513 | (99% C.I. High) |
|                      |          |              |         |         |         |         |                 |
| indice produtividade | 20       | 29676.000000 | 70.5    | 102.6   | 92.35   | 82.6327 | (Batch 1)       |
| indice produtividade | 20       | 29916.000000 | 72.35   | 96.65   | 73.3    | 87.7632 | (Batch 2)       |
| indice produtividade | 19       | 30151.578947 | 66.75   | 103.7   | 77.35   | 83.3917 | (Batch 3)       |
| indice produtividade | 20       | 28884.000000 | 68.1    | 100     | 68.1    | 86.9322 | (Batch 4)       |
| indice produtividade | 20       | 29124.000000 | 68.1    | 100.65  | 79.1    | 83.8209 | (Batch 5)       |
| indice produtividade | 20       | 29364.000000 | 57.3    | 100.2   | 79.25   | 83.4653 | (Batch 6)       |
| indice produtividade | 20       | 29604.000000 | 70.5    | 100.95  | 84.1    | 86.995  | (Batch 7)       |
| indice produtividade | 20       | 29844.000000 | 61.7    | 106.1   | 98.25   | 84.481  | (Batch 8)       |
| indice produtividade | 19       | 30075.789474 | 68.95   | 100.35  | 84.5    | 84.0505 | (Batch 9)       |
| indice produtividade | 20       | 28812.000000 | 63.45   | 100.8   | 75.6    | 79.0446 | (Batch 10)      |
| indice produtividade | 19.8     | 29545.136842 | 66.77   | 101.2   | 81.19   | 84.2577 | (Average)       |
| indice produtividade | 0.421637 | 480.921719   | 4.63874 | 2.50799 | 8.96127 | 2.54761 | (Std. Dev.)     |
| indice produtividade | 19.5556  | 29266.372734 | 64.0812 | 99.7463 | 75.9956 | 82.781  | (90% C.I. Low)  |
| indice produtividade | 20.0444  | 29823.900950 | 69.4588 | 102.654 | 86.3844 | 85.7344 | (90% C.I. High) |
| indice produtividade | 19.4984  | 29201.130071 | 63.4519 | 99.406  | 74.7799 | 82.4354 | (95% C.I. Low)  |
| indice produtividade | 20.1016  | 29889.143614 | 70.0881 | 102.994 | 87.6001 | 86.08   | (95% C.I. High) |
| indice produtividade | 19.3667  | 29050.874240 | 62.0026 | 98.6224 | 71.9801 | 81.6394 | (99% C.I. Low)  |
| indice produtividade | 20.2333  | 30039.399445 | 71.5374 | 103.778 | 90.3999 | 86.876  | (99% C.I. High) |
|                      |          |              |         |         |         |         |                 |
| indice rotatividade  | 0        | 0.000000     | 0       | 0       | 0       | 0       | (Batch 1)       |
| indice rotatividade  | 0        | 0.000000     | 0       | 0       | 0       | 0       | (Batch 2)       |
| indice rotatividade  | 0        | 0.000000     | 0       | 0       | 0       | 0       | (Batch 3)       |
| indice rotatividade  | 0        | 0.000000     | 0       | 0       | 0       | 0       | (Batch 4)       |
| indice rotatividade  | 0        | 0.000000     | 0       | 0       | 0       | 0       | (Batch 5)       |
| indice rotatividade  | 0        | 0.000000     | 0       | 0       | 0       | 0       | (Batch 6)       |

|                     |          |              |          |          |          |           |   |                 |
|---------------------|----------|--------------|----------|----------|----------|-----------|---|-----------------|
| indice rotatividade | 0        | 0.000000     | 0        | 0        | 0        | 0         | 0 | (Batch 7)       |
| indice rotatividade | 0        | 0.000000     | 0        | 0        | 0        | 0         | 0 | (Batch 8)       |
| indice rotatividade | 0        | 0.000000     | 0        | 0        | 0        | 0         | 0 | (Batch 10)      |
| indice rotatividade | 0        | 0.000000     | 0        | 0        | 0        | 0         | 0 | (Average)       |
| indice rotatividade | 0        | 0.000000     | 0        | 0        | 0        | 0         | 0 | (Std. Dev.)     |
| indice rotatividade | 0        | 0.000000     | 0        | 0        | 0        | 0         | 0 | (90% C.I. Low)  |
| indice rotatividade | 0        | 0.000000     | 0        | 0        | 0        | 0         | 0 | (90% C.I. High) |
| indice rotatividade | 0        | 0.000000     | 0        | 0        | 0        | 0         | 0 | (95% C.I. Low)  |
| indice rotatividade | 0        | 0.000000     | 0        | 0        | 0        | 0         | 0 | (95% C.I. High) |
| indice rotatividade | 0        | 0.000000     | 0        | 0        | 0        | 0         | 0 | (99% C.I. Low)  |
| indice rotatividade | 0        | 0.000000     | 0        | 0        | 0        | 0         | 0 | (99% C.I. High) |
| indice pontualidade | 20       | 29676.000000 | 97.0292  | 98.2979  | 97.9426  | 97.6912   |   | (Batch 1)       |
| indice pontualidade | 20       | 29916.000000 | 96.4516  | 98.1808  | 97.8854  | 97.6535   |   | (Batch 2)       |
| indice pontualidade | 19       | 30151.578947 | 97.4187  | 98.1254  | 98.1254  | 97.7449   |   | (Batch 3)       |
| indice pontualidade | 20       | 28884.000000 | 96.9512  | 98.1254  | 97.21    | 97.6467   |   | (Batch 4)       |
| indice pontualidade | 20       | 29124.000000 | 97.21    | 98.1332  | 98.1037  | 97.7373   |   | (Batch 5)       |
| indice pontualidade | 20       | 29364.000000 | 97.2368  | 98.2301  | 97.7918  | 97.7904   |   | (Batch 6)       |
| indice pontualidade | 20       | 29604.000000 | 96.8561  | 98.251   | 97.3841  | 97.7517   |   | (Batch 7)       |
| indice pontualidade | 20       | 29844.000000 | 96.7914  | 98.0642  | 97.6081  | 97.7129   |   | (Batch 8)       |
| indice pontualidade | 19       | 30075.789474 | 96.9536  | 97.9441  | 97.2781  | 97.6253   |   | (Batch 9)       |
| indice pontualidade | 20       | 28812.000000 | 96.7626  | 98.1931  | 98.0159  | 97.694    |   | (Batch 10)      |
| indice pontualidade | 19.8     | 29545.136842 | 96.9661  | 98.1545  | 97.7345  | 97.7048   |   | (Average)       |
| indice pontualidade | 0.421637 | 480.921719   | 0.277026 | 0.101293 | 0.343156 | 0.0526034 |   | (Std. Dev.)     |
| indice pontualidade | 19.5556  | 29266.372734 | 96.8056  | 98.0958  | 97.5356  | 97.6743   |   | (90% C.I. Low)  |
| indice pontualidade | 20.0444  | 29823.900950 | 97.1267  | 98.2132  | 97.9334  | 97.7353   |   | (90% C.I. High) |
| indice pontualidade | 19.4984  | 29201.130071 | 96.768   | 98.0821  | 97.489   | 97.6672   |   | (95% C.I. Low)  |
| indice pontualidade | 20.1016  | 29889.143614 | 97.1643  | 98.227   | 97.98    | 97.7424   |   | (95% C.I. High) |
| indice pontualidade | 19.3667  | 29050.874240 | 96.6814  | 98.0504  | 97.3818  | 97.6507   |   | (99% C.I. Low)  |
| indice pontualidade | 20.2333  | 30039.399445 | 97.2508  | 98.2586  | 98.0872  | 97.7589   |   | (99% C.I. High) |
| bombas mensal G2    | 20       | 29676.000000 | 1003     | 1665     | 1441     | 1255.8    |   | (Batch 1)       |
| bombas mensal G2    | 20       | 29916.000000 | 1043     | 1602     | 1107     | 1377.62   |   | (Batch 2)       |
| bombas mensal G2    | 19       | 30151.578947 | 946      | 1661     | 1170     | 1292.7    |   | (Batch 3)       |
| bombas mensal G2    | 20       | 28884.000000 | 923      | 1660     | 923      | 1355.61   |   | (Batch 4)       |
| bombas mensal G2    | 20       | 29124.000000 | 923      | 1621     | 1243     | 1293.96   |   | (Batch 5)       |
| bombas mensal G2    | 20       | 29364.000000 | 799      | 1596     | 1219     | 1280.95   |   | (Batch 6)       |
| bombas mensal G2    | 20       | 29604.000000 | 1102     | 1618     | 1262     | 1350.66   |   | (Batch 7)       |
| bombas mensal G2    | 20       | 29844.000000 | 878      | 1715     | 1562     | 1306.45   |   | (Batch 8)       |
| bombas mensal G2    | 19       | 30075.789474 | 998      | 1562     | 1302     | 1291.93   |   | (Batch 9)       |

|                  |          |              |         |         |         |         |                 |
|------------------|----------|--------------|---------|---------|---------|---------|-----------------|
| bombas mensal G2 | 19.8     | 29545.136842 | 948     | 1630.3  | 1234.6  | 1300.18 | (Average)       |
| bombas mensal G2 | 0.421637 | 480.921719   | 90.3758 | 44.5073 | 178.506 | 52.6969 | (Std. Dev.)     |
| bombas mensal G2 | 19.5556  | 29266.372734 | 895.614 | 1604.5  | 1131.13 | 1269.63 | (90% C.I. Low)  |
| bombas mensal G2 | 20.0444  | 29823.900950 | 1000.39 | 1656.1  | 1338.07 | 1330.72 | (90% C.I. High) |
| bombas mensal G2 | 19.4984  | 29201.130071 | 883.354 | 1598.46 | 1106.91 | 1262.48 | (95% C.I. Low)  |
| bombas mensal G2 | 20.1016  | 29889.143614 | 1012.65 | 1662.14 | 1362.29 | 1337.87 | (95% C.I. High) |
| bombas mensal G2 | 19.3667  | 29050.874240 | 855.117 | 1584.56 | 1051.14 | 1246.02 | (99% C.I. Low)  |
| bombas mensal G2 | 20.2333  | 30039.399445 | 1040.88 | 1676.04 | 1418.06 | 1354.34 | (99% C.I. High) |
|                  |          |              |         |         |         |         |                 |
| bombas mensal G3 | 20       | 29676.000000 | 180     | 257     | 227     | 211.162 | (Batch 1)       |
| bombas mensal G3 | 20       | 29916.000000 | 175     | 244     | 201     | 204.046 | (Batch 2)       |
| bombas mensal G3 | 19       | 30151.578947 | 171     | 225     | 202     | 200.541 | (Batch 3)       |
| bombas mensal G3 | 20       | 28884.000000 | 175     | 241     | 241     | 204.963 | (Batch 4)       |
| bombas mensal G3 | 20       | 29124.000000 | 168     | 241     | 175     | 200.265 | (Batch 5)       |
| bombas mensal G3 | 20       | 29364.000000 | 171     | 234     | 200     | 198.311 | (Batch 6)       |
| bombas mensal G3 | 20       | 29604.000000 | 173     | 240     | 226     | 206.391 | (Batch 7)       |
| bombas mensal G3 | 20       | 29844.000000 | 175     | 249     | 222     | 205.769 | (Batch 8)       |
| bombas mensal G3 | 19       | 30075.789474 | 175     | 241     | 216     | 214.003 | (Batch 9)       |
| bombas mensal G3 | 20       | 28812.000000 | 167     | 246     | 190     | 201.211 | (Batch 10)      |
| bombas mensal G3 | 19.8     | 29545.136842 | 173     | 241.8   | 210     | 204.666 | (Average)       |
| bombas mensal G3 | 0.421637 | 480.921719   | 3.85861 | 8.52187 | 19.8774 | 4.97494 | (Std. Dev.)     |
| bombas mensal G3 | 19.5556  | 29266.372734 | 170.763 | 236.86  | 198.478 | 201.782 | (90% C.I. Low)  |
| bombas mensal G3 | 20.0444  | 29823.900950 | 175.237 | 246.74  | 221.522 | 207.55  | (90% C.I. High) |
| bombas mensal G3 | 19.4984  | 29201.130071 | 170.24  | 235.704 | 195.782 | 201.108 | (95% C.I. Low)  |
| bombas mensal G3 | 20.1016  | 29889.143614 | 175.76  | 247.896 | 224.218 | 208.225 | (95% C.I. High) |
| bombas mensal G3 | 19.3667  | 29050.874240 | 169.034 | 233.042 | 189.571 | 199.553 | (99% C.I. Low)  |
| bombas mensal G3 | 20.2333  | 30039.399445 | 176.966 | 250.558 | 230.429 | 209.779 | (99% C.I. High) |
|                  |          |              |         |         |         |         |                 |
| bombas mensal G8 | 20       | 29676.000000 | 55      | 80      | 65      | 70.01   | (Batch 1)       |
| bombas mensal G8 | 20       | 29916.000000 | 55      | 85      | 80      | 69.578  | (Batch 2)       |
| bombas mensal G8 | 19       | 30151.578947 | 55      | 80      | 70      | 70.224  | (Batch 3)       |
| bombas mensal G8 | 20       | 28884.000000 | 65      | 80      | 70      | 72.016  | (Batch 4)       |
| bombas mensal G8 | 20       | 29124.000000 | 55      | 80      | 60      | 69.456  | (Batch 5)       |
| bombas mensal G8 | 20       | 29364.000000 | 60      | 80      | 70      | 71.804  | (Batch 6)       |
| bombas mensal G8 | 20       | 29604.000000 | 60      | 75      | 70      | 68.488  | (Batch 7)       |
| bombas mensal G8 | 20       | 29844.000000 | 60      | 80      | 75      | 70.53   | (Batch 8)       |
| bombas mensal G8 | 19       | 30075.789474 | 60      | 90      | 60      | 71.514  | (Batch 9)       |
| bombas mensal G8 | 20       | 28812.000000 | 55      | 85      | 70      | 70.98   | (Batch 10)      |
| bombas mensal G8 | 19.8     | 29545.136842 | 58      | 81.5    | 69      | 70.46   | (Average)       |
| bombas mensal G8 | 0.421637 | 480.921719   | 3.49603 | 4.11636 | 6.14636 | 1.13268 | (Std. Dev.)     |

|                  |          |              |         |         |         |         |                 |
|------------------|----------|--------------|---------|---------|---------|---------|-----------------|
| bombas mensal G8 | 20.0444  | 29823.900950 | 60.0265 | 83.886  | 72.5627 | 71.1166 | (90% C.I. High) |
| bombas mensal G8 | 19.4984  | 29201.130071 | 55.4993 | 78.5555 | 64.6035 | 69.6498 | (95% C.I. Low)  |
| bombas mensal G8 | 20.1016  | 29889.143614 | 60.5007 | 84.4445 | 73.3965 | 71.2702 | (95% C.I. High) |
| bombas mensal G8 | 19.3667  | 29050.874240 | 54.407  | 77.2694 | 62.6831 | 69.2959 | (99% C.I. Low)  |
| bombas mensal G8 | 20.2333  | 30039.399445 | 61.593  | 85.7306 | 75.3169 | 71.6241 | (99% C.I. High) |
| bombas mensal V3 | 20       | 29676.000000 | 77      | 152     | 114     | 115.678 | (Batch 1)       |
| bombas mensal V3 | 20       | 29916.000000 | 69      | 138     | 78      | 104.021 | (Batch 2)       |
| bombas mensal V3 | 19       | 30151.578947 | 74      | 133     | 105     | 104.37  | (Batch 3)       |
| bombas mensal V3 | 20       | 28884.000000 | 60      | 143     | 128     | 106.057 | (Batch 4)       |
| bombas mensal V3 | 20       | 29124.000000 | 84      | 140     | 104     | 112.734 | (Batch 5)       |
| bombas mensal V3 | 20       | 29364.000000 | 86      | 152     | 96      | 118.245 | (Batch 6)       |
| bombas mensal V3 | 20       | 29604.000000 | 65      | 156     | 124     | 114.362 | (Batch 7)       |
| bombas mensal V3 | 20       | 29844.000000 | 79      | 139     | 106     | 106.871 | (Batch 8)       |
| bombas mensal V3 | 19       | 30075.789474 | 77      | 139     | 112     | 103.564 | (Batch 9)       |
| bombas mensal V3 | 20       | 28812.000000 | 80      | 146     | 135     | 112.608 | (Batch 10)      |
| bombas mensal V3 | 19.8     | 29545.136842 | 75.1    | 143.8   | 110.2   | 109.851 | (Average)       |
| bombas mensal V3 | 0.421637 | 480.921719   | 8.25227 | 7.45058 | 16.5382 | 5.45192 | (Std. Dev.)     |
| bombas mensal V3 | 19.5556  | 29266.372734 | 70.3166 | 139.481 | 100.614 | 106.691 | (90% C.I. Low)  |
| bombas mensal V3 | 20.0444  | 29823.900950 | 79.8834 | 148.119 | 119.786 | 113.011 | (90% C.I. High) |
| bombas mensal V3 | 19.4984  | 29201.130071 | 69.1971 | 138.471 | 98.3701 | 105.951 | (95% C.I. Low)  |
| bombas mensal V3 | 20.1016  | 29889.143614 | 81.0029 | 149.129 | 122.03  | 113.751 | (95% C.I. High) |
| bombas mensal V3 | 19.3667  | 29050.874240 | 66.6188 | 136.143 | 93.2031 | 104.248 | (99% C.I. Low)  |
| bombas mensal V3 | 20.2333  | 30039.399445 | 83.5812 | 151.457 | 127.197 | 115.454 | (99% C.I. High) |

#### LOGS

| Log Name            | Number Of Observations | Minimum Value | Maximum Value | Average Value |           |
|---------------------|------------------------|---------------|---------------|---------------|-----------|
| Tempo de espera G2: | 441                    | 0.400000      | 7789.870000   | 526.351202    | (Batch 1) |
| Tempo de espera G2: | 461                    | 0.400000      | 5536.490000   | 429.270239    | (Batch 2) |
| Tempo de espera G2: | 441                    | 0.400000      | 3988.790000   | 468.990907    | (Batch 3) |
| Tempo de espera G2: | 467                    | 0.400000      | 5072.710000   | 440.560364    | (Batch 4) |
| Tempo de espera G2: | 457                    | 0.400000      | 4435.260000   | 555.367702    | (Batch 5) |
| Tempo de espera G2: | 435                    | 0.400000      | 4090.080000   | 417.820598    | (Batch 6) |
| Tempo de espera G2: | 462                    | 0.400000      | 4804.700000   | 441.547532    | (Batch 7) |
| Tempo de espera G2: | 441                    | 0.400000      | 3854.630000   | 373.429864    | (Batch 8) |

|                     |         |          |             |            |                 |
|---------------------|---------|----------|-------------|------------|-----------------|
| Tempo de espera G2: | 420     | 0.400000 | 4179.440000 | 501.626524 | (Batch 10)      |
| Tempo de espera G2: | 445.7   | 0.400000 | 4942.521000 | 456.463007 | (Average)       |
| Tempo de espera G2: | 15.3119 | 0.000000 | 1187.409000 | 56.426729  | (Std. Dev.)     |
| Tempo de espera G2: | 436.825 | 0.400000 | 4254.244722 | 423.755508 | (90% C.I. Low)  |
| Tempo de espera G2: | 454.575 | 0.400000 | 5630.797278 | 489.170506 | (90% C.I. High) |
| Tempo de espera G2: | 434.747 | 0.400000 | 4093.158785 | 416.100561 | (95% C.I. Low)  |
| Tempo de espera G2: | 456.653 | 0.400000 | 5791.883215 | 496.825453 | (95% C.I. High) |
| Tempo de espera G2: | 429.963 | 0.400000 | 3722.172990 | 398.470988 | (99% C.I. Low)  |
| Tempo de espera G2: | 461.437 | 0.400000 | 6162.869010 | 514.455027 | (99% C.I. High) |

|                     |         |          |              |             |                 |
|---------------------|---------|----------|--------------|-------------|-----------------|
| Tempo de espera G3: | 423     | 0.400000 | 25079.510000 | 1068.913546 | (Batch 1)       |
| Tempo de espera G3: | 387     | 0.400000 | 20303.330000 | 840.242222  | (Batch 2)       |
| Tempo de espera G3: | 385     | 0.400000 | 30720.330000 | 1083.486961 | (Batch 3)       |
| Tempo de espera G3: | 398     | 0.400000 | 16377.790000 | 749.045854  | (Batch 4)       |
| Tempo de espera G3: | 382     | 0.400000 | 23252.660000 | 864.917225  | (Batch 5)       |
| Tempo de espera G3: | 384     | 0.400000 | 30711.770000 | 1088.967031 | (Batch 6)       |
| Tempo de espera G3: | 404     | 0.400000 | 26015.990000 | 1174.782252 | (Batch 7)       |
| Tempo de espera G3: | 398     | 0.400000 | 17341.820000 | 514.959146  | (Batch 8)       |
| Tempo de espera G3: | 425     | 0.400000 | 16982.650000 | 559.090706  | (Batch 9)       |
| Tempo de espera G3: | 385     | 0.400000 | 16322.320000 | 664.696052  | (Batch 10)      |
| Tempo de espera G3: | 397.1   | 0.400000 | 22310.817000 | 860.910100  | (Average)       |
| Tempo de espera G3: | 15.9614 | 0.000000 | 5693.565187  | 237.010402  | (Std. Dev.)     |
| Tempo de espera G3: | 387.848 | 0.400000 | 19010.567588 | 723.528088  | (90% C.I. Low)  |
| Tempo de espera G3: | 406.352 | 0.400000 | 25611.066412 | 998.292111  | (90% C.I. High) |
| Tempo de espera G3: | 385.683 | 0.400000 | 18238.168790 | 691.374851  | (95% C.I. Low)  |
| Tempo de espera G3: | 408.517 | 0.400000 | 26383.465210 | 1030.445348 | (95% C.I. High) |
| Tempo de espera G3: | 380.696 | 0.400000 | 16459.310951 | 617.324973  | (99% C.I. Low)  |
| Tempo de espera G3: | 413.504 | 0.400000 | 28162.323049 | 1104.495227 | (99% C.I. High) |

|                     |       |          |            |            |            |
|---------------------|-------|----------|------------|------------|------------|
| Tempo de espera G8: | 276   | 3.310000 | 851.950000 | 288.696123 | (Batch 1)  |
| Tempo de espera G8: | 279   | 3.310000 | 884.060000 | 247.409283 | (Batch 2)  |
| Tempo de espera G8: | 278   | 3.310000 | 886.870000 | 267.173129 | (Batch 3)  |
| Tempo de espera G8: | 286   | 3.310000 | 859.400000 | 240.099510 | (Batch 4)  |
| Tempo de espera G8: | 272   | 3.310000 | 838.920000 | 252.307022 | (Batch 5)  |
| Tempo de espera G8: | 288   | 3.310000 | 885.360000 | 272.897257 | (Batch 6)  |
| Tempo de espera G8: | 271   | 3.310000 | 897.150000 | 272.225683 | (Batch 7)  |
| Tempo de espera G8: | 280   | 3.310000 | 871.290000 | 257.678071 | (Batch 8)  |
| Tempo de espera G8: | 285   | 3.310000 | 842.660000 | 263.684982 | (Batch 9)  |
| Tempo de espera G8: | 280   | 3.310000 | 929.250000 | 260.255357 | (Batch 10) |
| Tempo de espera G8: | 279.5 | 3.310000 | 874.691000 | 262.242642 | (Average)  |

|                              |         |             |              |             |                 |
|------------------------------|---------|-------------|--------------|-------------|-----------------|
| Tempo de espera G8:          | 276.218 | 3.310000    | 858.642379   | 254.106456  | (90% C.I. Low)  |
| Tempo de espera G8:          | 282.782 | 3.310000    | 890.739621   | 270.378828  | (90% C.I. High) |
| Tempo de espera G8:          | 275.45  | 3.310000    | 854.886319   | 252.202242  | (95% C.I. Low)  |
| Tempo de espera G8:          | 283.55  | 3.310000    | 894.495681   | 272.283042  | (95% C.I. High) |
| Tempo de espera G8:          | 273.681 | 3.310000    | 846.235999   | 247.816780  | (95% C.I. Low)  |
| Tempo de espera G8:          | 285.319 | 3.310000    | 903.146001   | 276.668504  | (99% C.I. High) |
| Tempo de espera V3:          | 690     | 3.310000    | 16968.940000 | 651.091203  | (Batch 1)       |
| Tempo de espera V3:          | 623     | 3.310000    | 38698.460000 | 2568.692953 | (Batch 2)       |
| Tempo de espera V3:          | 630     | 3.310000    | 21564.560000 | 734.768952  | (Batch 3)       |
| Tempo de espera V3:          | 659     | 3.310000    | 44184.870000 | 1744.297208 | (Batch 4)       |
| Tempo de espera V3:          | 672     | 3.310000    | 15503.910000 | 677.452574  | (Batch 5)       |
| Tempo de espera V3:          | 713     | 3.310000    | 24310.220000 | 751.947377  | (Batch 6)       |
| Tempo de espera V3:          | 681     | 3.310000    | 36231.400000 | 1166.002423 | (Batch 7)       |
| Tempo de espera V3:          | 621     | 3.310000    | 29765.760000 | 1313.825942 | (Batch 8)       |
| Tempo de espera V3:          | 621     | 3.310000    | 21318.720000 | 1122.234187 | (Batch 9)       |
| Tempo de espera V3:          | 657     | 3.310000    | 18124.800000 | 748.117321  | (Batch 10)      |
| Tempo de espera V3:          | 656.7   | 3.310000    | 26667.164000 | 1147.843014 | (Average)       |
| Tempo de espera V3:          | 32.4997 | 0.000000    | 10025.198205 | 610.853843  | (Std. Dev.)     |
| Tempo de espera V3:          | 637.862 | 3.310000    | 20856.103023 | 793.764336  | (90% C.I. Low)  |
| Tempo de espera V3:          | 675.538 | 3.310000    | 32478.224977 | 1501.921692 | (90% C.I. High) |
| Tempo de espera V3:          | 633.453 | 3.310000    | 19496.067475 | 710.894858  | (95% C.I. Low)  |
| Tempo de espera V3:          | 679.947 | 3.310000    | 33838.260525 | 1584.791170 | (95% C.I. High) |
| Tempo de espera V3:          | 623.299 | 3.310000    | 16363.864395 | 520.043939  | (99% C.I. Low)  |
| Tempo de espera V3:          | 690.101 | 3.310000    | 36970.463605 | 1775.642089 | (99% C.I. High) |
| Tempo de Reposicao Carcacas: | 864     | 5617.770000 | 7562.140000  | 6593.106030 | (Batch 1)       |
| Tempo de Reposicao Carcacas: | 965     | 5668.080000 | 7539.300000  | 6598.293078 | (Batch 2)       |
| Tempo de Reposicao Carcacas: | 929     | 5652.730000 | 7682.210000  | 6590.589494 | (Batch 3)       |
| Tempo de Reposicao Carcacas: | 961     | 5710.650000 | 7633.730000  | 6600.162206 | (Batch 4)       |
| Tempo de Reposicao Carcacas: | 933     | 5709.340000 | 7411.960000  | 6587.317856 | (Batch 5)       |
| Tempo de Reposicao Carcacas: | 875     | 5757.980000 | 7481.610000  | 6584.178080 | (Batch 6)       |
| Tempo de Reposicao Carcacas: | 968     | 5768.690000 | 7401.010000  | 6592.795620 | (Batch 7)       |
| Tempo de Reposicao Carcacas: | 844     | 5724.110000 | 7467.490000  | 6605.102429 | (Batch 8)       |
| Tempo de Reposicao Carcacas: | 914     | 5756.950000 | 7554.980000  | 6580.136116 | (Batch 9)       |
| Tempo de Reposicao Carcacas: | 858     | 5718.990000 | 7468.550000  | 6586.072471 | (Batch 10)      |
| Tempo de Reposicao Carcacas: | 911.1   | 5708.529000 | 7520.298000  | 6591.775338 | (Average)       |
| Tempo de Reposicao Carcacas: | 47.475  | 49.163608   | 91.485904    | 7.747626    | (Std. Dev.)     |
| Tempo de Reposicao Carcacas: | 883.581 | 5680.031536 | 7467.268608  | 6587.284461 | (90% C.I. Low)  |
| Tempo de Reposicao Carcacas: | 938.619 | 5737.026464 | 7573.327392  | 6596.266215 | (90% C.I. High) |

|                                 |         |              |              |              |                 |
|---------------------------------|---------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
| Tempo de Reposicao Caracacas:   | 945.059 | 5743.696083  | 7585.738526  | 6597.317271  | (95% C.I. High) |
| Tempo de Reposicao Caracacas:   | 862.308 | 5658.001582  | 7426.274255  | 6583.812791  | (99% C.I. Low)  |
| Tempo de Reposicao Caracacas:   | 959.892 | 5759.056418  | 7614.321745  | 6599.737885  | (99% C.I. High) |
| Tempo de Reposicao Mancais:     | 224     | 5642.560000  | 7323.080000  | 6609.146161  | (Batch 1)       |
| Tempo de Reposicao Mancais:     | 243     | 5701.650000  | 7757.550000  | 6580.527531  | (Batch 2)       |
| Tempo de Reposicao Mancais:     | 235     | 5814.510000  | 7347.100000  | 6594.318596  | (Batch 3)       |
| Tempo de Reposicao Mancais:     | 236     | 5858.160000  | 7381.510000  | 6596.575636  | (Batch 4)       |
| Tempo de Reposicao Mancais:     | 241     | 5748.840000  | 7608.130000  | 6608.871286  | (Batch 5)       |
| Tempo de Reposicao Mancais:     | 231     | 5799.170000  | 7408.150000  | 6611.293853  | (Batch 6)       |
| Tempo de Reposicao Mancais:     | 245     | 5759.440000  | 7444.820000  | 6606.700204  | (Batch 7)       |
| Tempo de Reposicao Mancais:     | 233     | 5852.890000  | 7372.320000  | 6592.743305  | (Batch 8)       |
| Tempo de Reposicao Mancais:     | 226     | 5673.960000  | 7372.190000  | 6593.653805  | (Batch 9)       |
| Tempo de Reposicao Mancais:     | 217     | 5763.220000  | 7423.610000  | 6598.223088  | (Batch 10)      |
| Tempo de Reposicao Mancais:     | 233.1   | 5761.440000  | 7443.846000  | 6599.205346  | (Average)       |
| Tempo de Reposicao Mancais:     | 8.88757 | 72.635938    | 135.468169   | 9.705405     | (Std. Dev.)     |
| Tempo de Reposicao Mancais:     | 227.948 | 5719.336905  | 7365.322486  | 6593.579652  | (90% C.I. Low)  |
| Tempo de Reposicao Mancais:     | 238.252 | 5803.543095  | 7522.369514  | 6604.831041  | (90% C.I. High) |
| Tempo de Reposicao Mancais:     | 226.743 | 5709.482990  | 7346.944642  | 6592.263000  | (95% C.I. Low)  |
| Tempo de Reposicao Mancais:     | 239.457 | 5813.397010  | 7540.747358  | 6606.147693  | (95% C.I. High) |
| Tempo de Reposicao Mancais:     | 223.966 | 5686.789123  | 7304.619911  | 6589.230711  | (99% C.I. Low)  |
| Tempo de Reposicao Mancais:     | 242.234 | 5836.090877  | 7583.072089  | 6609.179982  | (99% C.I. High) |
| Tempo de Reposicao Engrenagens: | 1441    | 18192.610000 | 22460.070000 | 20413.981645 | (Batch 1)       |
| Tempo de Reposicao Engrenagens: | 1543    | 18413.700000 | 22465.230000 | 20379.311601 | (Batch 2)       |
| Tempo de Reposicao Engrenagens: | 1508    | 18603.990000 | 22517.750000 | 20409.261200 | (Batch 3)       |
| Tempo de Reposicao Engrenagens: | 1523    | 18364.240000 | 22173.260000 | 20400.986343 | (Batch 4)       |
| Tempo de Reposicao Engrenagens: | 1474    | 18501.080000 | 22313.570000 | 20399.557001 | (Batch 5)       |
| Tempo de Reposicao Engrenagens: | 1509    | 18373.010000 | 22598.100000 | 20402.386190 | (Batch 6)       |
| Tempo de Reposicao Engrenagens: | 1560    | 18674.180000 | 22230.250000 | 20408.433340 | (Batch 7)       |
| Tempo de Reposicao Engrenagens: | 1502    | 18771.660000 | 22557.040000 | 20416.004481 | (Batch 8)       |
| Tempo de Reposicao Engrenagens: | 1472    | 18536.550000 | 22328.660000 | 20418.386732 | (Batch 9)       |
| Tempo de Reposicao Engrenagens: | 1399    | 17806.060000 | 22471.730000 | 20436.016333 | (Batch 10)      |
| Tempo de Reposicao Engrenagens: | 1493.1  | 18423.708000 | 22411.566000 | 20408.432487 | (Average)       |
| Tempo de Reposicao Engrenagens: | 48.0658 | 274.090494   | 142.293395   | 14.785780    | (Std. Dev.)     |
| Tempo de Reposicao Engrenagens: | 1465.24 | 18264.832680 | 22329.086275 | 20399.861976 | (90% C.I. Low)  |
| Tempo de Reposicao Engrenagens: | 1520.96 | 18582.583320 | 22494.045725 | 20417.002997 | (90% C.I. High) |
| Tempo de Reposicao Engrenagens: | 1458.72 | 18227.649095 | 22309.782509 | 20397.856112 | (95% C.I. Low)  |
| Tempo de Reposicao Engrenagens: | 1527.48 | 18619.766905 | 22513.349491 | 20419.008862 | (95% C.I. High) |
| Tempo de Reposicao Engrenagens: | 1443.7  | 18142.014171 | 22265.325352 | 20393.236545 | (99% C.I. Low)  |

|  |         |             |              |              |                 |
|--|---------|-------------|--------------|--------------|-----------------|
| Tempo de Reposicao Tampas e Flanges G2 e G3: | 222     | 4133.520000 | 7493.310000  | 5997.241892  | (Batch 1)       |
| Tempo de Reposicao Tampas e Flanges G2 e G3: | 221     | 4526.690000 | 7595.340000  | 5978.413348  | (Batch 2)       |
| Tempo de Reposicao Tampas e Flanges G2 e G3: | 217     | 4360.570000 | 7461.420000  | 5966.622074  | (Batch 3)       |
| Tempo de Reposicao Tampas e Flanges G2 e G3: | 221     | 4401.640000 | 7626.890000  | 5984.093891  | (Batch 4)       |
| Tempo de Reposicao Tampas e Flanges G2 e G3: | 215     | 4532.570000 | 7688.960000  | 6077.554465  | (Batch 5)       |
| Tempo de Reposicao Tampas e Flanges G2 e G3: | 216     | 4194.280000 | 7760.330000  | 6006.395370  | (Batch 6)       |
| Tempo de Reposicao Tampas e Flanges G2 e G3: | 227     | 4410.620000 | 7362.680000  | 5922.508811  | (Batch 7)       |
| Tempo de Reposicao Tampas e Flanges G2 e G3: | 219     | 4287.180000 | 7526.180000  | 5950.397443  | (Batch 8)       |
| Tempo de Reposicao Tampas e Flanges G2 e G3: | 215     | 4273.840000 | 7587.440000  | 5922.097581  | (Batch 9)       |
| Tempo de Reposicao Tampas e Flanges G2 e G3: | 205     | 4357.790000 | 8163.550000  | 6036.886293  | (Batch 10)      |
| Tempo de Reposicao Tampas e Flanges G2 e G3: | 217.8   | 4347.870000 | 7626.610000  | 5984.221117  | (Average)       |
| Tempo de Reposicao Tampas e Flanges G2 e G3: | 5.84618 | 129.905385  | 220.450841   | 48.649802    | (Std. Dev.)     |
| Tempo de Reposicao Tampas e Flanges G2 e G3: | 214.411 | 4272.570929 | 7498.826663  | 5956.021479  | (90% C.I. Low)  |
| Tempo de Reposicao Tampas e Flanges G2 e G3: | 221.189 | 4423.169071 | 7754.393337  | 6012.420755  | (90% C.I. High) |
| Tempo de Reposicao Tampas e Flanges G2 e G3: | 213.618 | 4254.947742 | 7468.919925  | 5949.421563  | (95% C.I. Low)  |
| Tempo de Reposicao Tampas e Flanges G2 e G3: | 221.982 | 4440.792258 | 7784.300075  | 6019.020671  | (95% C.I. High) |
| Tempo de Reposicao Tampas e Flanges G2 e G3: | 211.792 | 4214.361008 | 7400.043800  | 5934.221758  | (99% C.I. Low)  |
| Tempo de Reposicao Tampas e Flanges G2 e G3: | 223.808 | 4481.378992 | 7853.176200  | 6034.220476  | (99% C.I. High) |
|  |         |             |              |              |                 |
| Tempo de Reposicao Fundidos:                 | 183     | 5002.120000 | 13590.730000 | 11000.233607 | (Batch 1)       |
| Tempo de Reposicao Fundidos:                 | 177     | 4846.630000 | 13916.730000 | 10923.202825 | (Batch 2)       |
| Tempo de Reposicao Fundidos:                 | 188     | 4551.860000 | 13401.070000 | 10935.145372 | (Batch 3)       |
| Tempo de Reposicao Fundidos:                 | 190     | 4804.580000 | 13495.660000 | 10929.985421 | (Batch 4)       |
| Tempo de Reposicao Fundidos:                 | 186     | 5041.000000 | 13796.150000 | 11122.366989 | (Batch 5)       |
| Tempo de Reposicao Fundidos:                 | 192     | 4445.720000 | 13844.890000 | 10864.662760 | (Batch 6)       |
| Tempo de Reposicao Fundidos:                 | 186     | 5182.540000 | 14160.120000 | 10983.106559 | (Batch 7)       |
| Tempo de Reposicao Fundidos:                 | 182     | 5176.210000 | 13271.300000 | 11074.707912 | (Batch 8)       |
| Tempo de Reposicao Fundidos:                 | 195     | 4070.140000 | 13626.680000 | 11039.368718 | (Batch 9)       |
| Tempo de Reposicao Fundidos:                 | 187     | 4543.470000 | 13731.290000 | 11017.845882 | (Batch 10)      |
| Tempo de Reposicao Fundidos:                 | 186.6   | 4766.427000 | 13683.462000 | 10989.062605 | (Average)       |
| Tempo de Reposicao Fundidos:                 | 5.16828 | 359.524256  | 262.335171   | 78.055991    | (Std. Dev.)     |
| Tempo de Reposicao Fundidos:                 | 183.604 | 4558.030384 | 13531.400600 | 10943.817801 | (90% C.I. Low)  |
| Tempo de Reposicao Fundidos:                 | 189.596 | 4974.823616 | 13835.523400 | 11034.307408 | (90% C.I. High) |
| Tempo de Reposicao Fundidos:                 | 182.903 | 4509.256708 | 13495.811762 | 10933.228592 | (95% C.I. Low)  |
| Tempo de Reposicao Fundidos:                 | 190.297 | 5023.597292 | 13871.112238 | 11044.896617 | (95% C.I. High) |
| Tempo de Reposicao Fundidos:                 | 181.288 | 4396.929455 | 13413.849589 | 10908.841322 | (99% C.I. Low)  |
| Tempo de Reposicao Fundidos:                 | 191.912 | 5135.924545 | 13953.074411 | 11069.283887 | (99% C.I. High) |