

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENGENHARIA**

**REDUÇÃO DAS PERDAS DE QUALIDADE NO PROCESSO PRODUTIVO  
DE UMA FÁBRICA DE FRALDAS DESCARTÁVEIS ATRAVÉS DA  
IMPLANTAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO**

**Tatiana Araujo**

**Porto Alegre, 2004**

**ESCOLA DE ENGENHARIA  
BIBLIOTECA**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENGENHARIA**

**REDUÇÃO DAS PERDAS NO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA  
FÁBRICA DE FRALDAS DESCARTÁVEIS ATRAVÉS DA IMPLANTAÇÃO DO  
CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO**

**Tatiana Araujo**

**Orientador: Professora Dra. Carla Schwengber ten Caten**

**Banca Examinadora:**

**Prof. Dr. Cláudio José Muller**

**Prof.<sup>a</sup> Dra. Márcia Elisa Echeveste**

**Prof. Dr. Vilson João Batista**

**Trabalho de Conclusão do Curso de Mestrado Profissionalizante em  
Engenharia como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia –  
modalidade Profissionalizante – Ênfase Gerência de Produção**

**Porto Alegre, 2004**

**Este Trabalho de Conclusão foi analisado e julgado adequado para a obtenção do título de mestre em ENGENHARIA e aprovada em sua forma final pelo orientador e pelo coordenador do Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.**

---

**Prof<sup>a</sup>. Dra. Carla Schwengber ten Caten**

Orientador

Escola de Engenharia

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

---

**Prof<sup>a</sup>. Helena Beatriz Bettella Cybis**

Coordenadora

Mestrado Profissionalizante em Engenharia

Escola de Engenharia

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Dr. Cláudio José Muller**

PPGEP/UFRGS

**Prof<sup>a</sup>. Dra. Márcia Elisa Echeveste**

PPGEP/UFRGS

**Prof. Dr. Vilson João Batista**

GPFAI/DEMED/EE/UFRGS

***“Não sabendo que era impossível, ele foi lá e fez”***

**Lao-Tsé**

# ÍNDICE

1	COMENTÁRIOS INICIAIS .....	12
1.1	INTRODUÇÃO.....	12
1.2	TEMA E OBJETIVOS.....	13
1.3	JUSTIFICATIVA DO TEMA E OBJETIVOS.....	13
1.4	MÉTODO DE TRABALHO.....	16
1.5	ESTRUTURA.....	17
1.6	DELIMITAÇÕES .....	17
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	18
2.1	GLOBALIZAÇÃO E COMPETITIVIDADE .....	18
2.2	QUALIDADE NO SETOR PRODUTIVO.....	21
2.2.1	<i>A Filosofia da Qualidade Total ou TQM.....</i>	21
2.2.2	<i>Identificação das perdas no processo produtivo .....</i>	25
2.3	DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE (QFD) .....	27
2.3.1	<i>Introdução .....</i>	27
2.3.2	<i>Desdobramento da Qualidade na Manufatura.....</i>	29
2.3.3	<i>Desdobramento dos Processos na Manufatura .....</i>	35
2.4	CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO (CEP).....	37
2.4.1	<i>Introdução .....</i>	37
2.4.2	<i>Sistema de controle do processo para garantia de controle de qualidade.....</i>	39
2.4.3	<i>Variabilidade dos processos.....</i>	41
2.4.4	<i>Análise do Sistema de Medição.....</i>	43
2.4.5	<i>Cartas de controle .....</i>	44
2.4.6	<i>Estabilidade do processo.....</i>	51
2.4.7	<i>Capacidade do processo.....</i>	52
2.4.8	<i>A Função da Perda Quadrática .....</i>	55
2.5	INDICADORES DE DESEMPENHO.....	57
3	APRESENTAÇÃO DE UM MODELO CONCEITUAL DE IMPLANTAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO.....	62
3.1	MATRIZ DA QUALIDADE .....	63
3.1.1	<i>Desdobramento da qualidade demandada.....</i>	64
3.1.2	<i>Priorização da qualidade demandada.....</i>	64
3.1.3	<i>Desdobramento e identificação das características de qualidade .....</i>	65
3.1.4	<i>Relacionamento da qualidade demandada com as características de qualidade .....</i>	65
3.1.5	<i>Priorização das Características de qualidade.....</i>	66
3.2	MATRIZ DOS PROCESSOS .....	66
3.2.1	<i>Desdobramento dos Processos em etapas .....</i>	66

3.2.2	<i>Relacionamento das Características de Qualidade com os Processos</i> .....	67
3.2.3	<i>Definição da Importância dos Processos</i> .....	67
3.2.4	<i>Avaliação da dificuldade e tempo de implantação das melhorias nos processos</i> .....	67
3.2.5	<i>Priorização dos Processos</i> .....	67
3.3	IMPLANTAÇÃO DO CEP .....	68
3.3.1	<i>Planejamento da Implantação do CEP</i> .....	68
3.3.2	<i>Treinamento, Implantação efetiva e Acompanhamento do CEP</i> .....	70
3.4	ANÁLISE DOS RESULTADOS E IDENTIFICAÇÃO DAS PERDAS DE QUALIDADE NO PROCESSO.....	71
3.5	DIRECIONAMENTO DAS AÇÕES .....	71
3.6	IMPLANTAÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO .....	71
4	ESTUDO DE CASO: IMPLANTAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO EM UMA EMPRESA FABRICANTE DE FRALDAS DESCARTÁVEIS INFANTIS .....	72
4.1	O PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE FRALDAS DESCARTÁVEIS .....	72
4.1.1	<i>Etapas do Processo de Fabricação de Fraldas Descartáveis</i> .....	75
4.2	MATRIZ DA QUALIDADE .....	77
4.2.1	<i>Desdobramento da Qualidade Demandada</i> .....	78
4.2.2	<i>Priorização da Qualidade Demandada</i> .....	78
4.2.3	<i>Desdobramento e identificação das características de qualidade</i> .....	79
4.2.4	<i>Relação da qualidade demandada com as características de qualidade</i> .....	79
4.2.5	<i>Priorização das Características de Qualidade</i> .....	80
4.3	MATRIZ DOS PROCESSOS .....	81
4.3.1	<i>Desdobramento dos Processos em Etapas</i> .....	81
4.3.2	<i>Relacionamento das Características de Qualidade com os Processos</i> .....	81
4.3.3	<i>Definição da importância dos processos</i> .....	82
4.3.4	<i>Avaliação da capacidade do processo produtivo</i> .....	82
4.3.5	<i>Avaliação do conhecimento do processo produtivo</i> .....	83
4.3.6	<i>Priorização dos Processos</i> .....	83
4.4	CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS .....	84
4.4.1	<i>Lançamento do Projeto</i> .....	84
4.4.2	<i>Identificação dos postos de controle e características de qualidade do processo a serem monitorados</i> .....	84
4.4.3	<i>Definição dos critérios de classificação</i> .....	85
4.4.4	<i>Definição das características de qualidade do processo</i> .....	85
4.4.5	<i>Definição do procedimento de coleta de dados</i> .....	86
4.4.6	<i>Avaliação do Sistema de Medição</i> .....	87
4.4.7	<i>Definição das responsabilidades</i> .....	89
4.4.8	<i>Definição da documentação necessária</i> .....	89
4.4.9	<i>Treinamento em CEP</i> .....	91
4.5	IMPLANTAÇÃO EFETIVA DO CEP .....	92

4.5.1	<i>Análise da estabilidade dos processos</i> .....	92
4.5.2	<i>Análise da capacidade do processo</i> .....	101
4.5.3	<i>Quantificação das perdas de qualidade no processo produtivo</i> .....	106
4.5.4	<i>Avaliação da sistemática de ação</i> .....	112
4.6	DIRECIONAMENTO DAS AÇÕES ATRAVÉS DE UM PLANO DE MELHORIAS.....	112
5	COMENTÁRIOS FINAIS.....	117
5.1	CONCLUSÕES.....	117
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	119
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	120

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Consumo em unidades por habitantes por ano em alguns países em 2000. ....	14
Figura 2.	Percentual de produtos não-conformes.....	15
Figura 3.	Implementação da GQT em Pequenas e Médias Empresas.....	24
Figura 4.	Modelo conceitual de QFD para a manufatura.....	30
Figura 5.	Exemplo de Matriz da Qualidade .....	33
Figura 6.	Exemplo de Matriz dos Processos .....	36
Figura 7.	Exemplo de uma Distribuição Normal: percentuais associados a faixa de $\pm 1, \pm 2\sigma, \pm 3\sigma$ , da média de uma distribuição normal com média 28,4 e $\sigma = 0,20$ .....	46
Figura 8.	Exemplo de Carta de Controle.....	47
Figura 9.	Fluxograma de apoio para escolha das cartas de controle .....	49
Figura 10.	Exemplo de uma Carta de Controle para Atributos tipo p .....	51
Figura 11.	Comparação das magnitudes de Cp e Cpk .....	53
Figura 12.	Processo capaz e não-capaz dependendo das especificações .....	54
Figura 13.	Modelo conceitual de implantação do Controle Estatístico de Processo .....	63
Figura 14.	Matriz da Qualidade .....	64
Figura 15.	Matriz dos processos .....	66
Figura 16.	Fluxograma do processo de fraldas descartáveis.....	74
Figura 17.	Priorização da qualidade demandada.....	79
Figura 18.	Matriz da Qualidade .....	80
Figura 19.	Priorização das características de qualidade.....	81
Figura 20.	Matriz dos Processos .....	82
Figura 21.	Priorização dos Processos Produtivos .....	83
Figura 22.	Planilha utilizada no Posto 1 para o controle da pressão da compactação do rolo de celulose no turno da manhã .....	90
Figura 23.	Planilha utilizada no Posto 1 para a “cola do lado de fora” no turno da tarde .	91
Figura 24.	Carta de controle para médias referente à pressão na compactação da celulose .....	93
Figura 25.	Carta de controle para amplitudes referentes à pressão na compactação da celulose .....	93
Figura 26.	Carta de controle para médias referente à pressão da compactação da celulose .....	94
Figura 27.	Carta de Controle para amplitudes referente à pressão da compactação da	



celulose .....	94
Figura 28. Carta de Controle para médias do gel.....	95
Figura 29. Carta de controle para amplitudes do gel .....	96
Figura 30. Carta de controle para médias da quantidade de cola do lado de dentro .....	97
Figura 31. Carta de controle para amplitudes da quantidade de cola do lado de dentro....	97
Figura 32. Carta de controle para médias da quantidade de cola do lado de dentro .....	98
Figura 33. Carta de controle para amplitudes para quantidade de cola do lado de dentro .	98
Figura 34. Carta de controle para médias da quantidade de cola do lado de fora.....	99
Figura 35. Carta de controle das amplitudes da quantidade de cola do lado de fora .....	99
Figura 36. Carta de controle para médias da quantidade de cola do lado de fora.....	100
Figura 37. Carta de Controle para amplitudes da quantidade de cola do lado de fora.....	100
Figura 38. Carta de controle para atributos do tipo np para o controle do número de fraldas sem fita adesiva .....	101
Figura 39. Análise de capacidade da pressão na compactação da celulose .....	102
Figura 40. Análise de capacidade da quantidade de cola do lado de dentro .....	103
Figura 41. Análise da capacidade da quantidade de cola do lado de dentro com o processo centralizado.....	104
Figura 42. Análise de capacidade da quantidade de cola do lado de fora.....	105
Figura 43. Análise de capacidade da quantidade de cola do lado de fora com o processo centralizado.....	105
Figura 44. Análise de capacidade do número de fraldas sem fita adesiva.....	106
Figura 45. Análise da perda para a pressão da compactação da celulose no início do estudo .....	107
Figura 46. Análise da perda para a pressão da compactação da celulose .....	108
Figura 47. Análise da perda da quantidade de cola do lado de dentro no início do estudo ... .....	109
Figura 48. Análise de perda da quantidade de cola do lado de dentro .....	110
Figura 49. Análise da perda da quantidade de cola do lado de fora no início do estudo .	111
Figura 50. Análise da perda da quantidade de cola do lado de fora.....	111
Figura 51. Indicador de desempenho do refugo.....	115
Figura 52. Indicador de quantidade de fardos para revisão.....	116
Figura 53. Indicador de produtividade .....	116

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Etapas do modelo conceitual de QFD para a manufatura.....	31
Tabela 2.	Escala da intensidade das relações .....	33
Tabela 3.	Índice para avaliação estratégica .....	34
Tabela 4.	Índice para avaliação da dificuldade de atuação.....	35
Tabela 5.	Fórmula Padrão da fralda descartável tamanho médio .....	77
Tabela 6.	Descrição dos postos de controle.....	84
Tabela 7.	Descrição das características de qualidade monitoradas .....	84
Tabela 8.	Descrição dos critérios de classificação.....	85
Tabela 9.	Definição das características de qualidade .....	86
Tabela 10.	Descrição das características de qualidade, tipo de carta, tamanho da amostra e frequência de amostragem na primeira coleta de dados .....	87
Tabela 11.	Descrição das características de qualidade, tipo de carta, tamanho da amostra e frequência de amostragem na segunda coleta de dados.....	87
Tabela 12.	Análise do Sistema de Medição da cola do lado de dentro .....	88
Tabela 13.	Análise do sistema de medição da pressão da compactação de celulose.....	89
Tabela 14.	Tabela do Plano de Ação .....	113
Tabela 15.	Tabela dos indicadores de desempenho.....	114

## RESUMO

Esta dissertação aborda a redução das perdas de qualidade em um processo de fabricação de fraldas descartáveis, através da implantação da ferramenta de Controle Estatístico de Processo (CEP), que tem por objetivo analisar e monitorar as principais variáveis e características de qualidade que influenciam no processo produtivo. Depois de implantada a ferramenta do CEP, são propostos alguns indicadores de desempenho para a área de produção da empresa que servirão de base para medir e acompanhar o desempenho de alguns processos, importantes para se atingir e acompanhar as metas de melhoria de qualidade almejadas pela empresa.

A dissertação apresenta uma revisão detalhada da literatura abordando a qualidade, as perdas existentes no processo produtivo, o Desdobramento da Função Qualidade (QFD - *Quality Function Deployment*), o Controle Estatístico do Processo (CEP) e os indicadores de desempenho.

Os resultados obtidos através da implantação do CEP mostram que a empresa deve investir na tecnologia do seu processo produtivo, pois em muitos aspectos sua qualidade esbarra na falta da mesma, mas deve se deter também na substituição de alguns fornecedores de suas matérias-primas, além de investir no treinamento de seus operadores, pois os mesmos devem estar constantemente renovando seus conhecimentos para prevenir falhas do processo.

**Palavras Chaves:** Fraldas descartáveis, Qualidade, Perdas, Controle Estatístico de Processos, Indicadores de desempenho.

## **ABSTRACT**

This dissertation is about the reduction of the quality losses on a manufacturing process of diapers, through the implantation of the Statistical Process Control (SPC), which main purpose is to analyse and control the main variables and quality characteristics of the process that can inspire the improvement of the productive process. After introduce the tool, will be proposed some performance indicators for the production sector, just for accompanying and control some process in order that the company can reach it's purpose.

The dissertation presents a specify revision of the literature, approaching the quality, the losses in the productive process, the Quality Function Deployment (QFD), SPC and the performance indicators.

The results gained with the implant of CEP show that the company should invest on the technology of its manufacturing process, because in many ways the quality collides with a missing policy, but the company should also pay attention to the suppliers of raw material and maybe replace them. Besides that, the company should invest on training its operator because they should be constantly renovating their knowledge to prevent failure on the process.

**Key-words:** Diapers, Quality, Loss, Statistical Process Control, Performance indicators.

# 1 COMENTÁRIOS INICIAIS

## 1.1 Introdução

O aumento da competitividade existente em um mercado cada vez mais globalizado faz com que todas as empresas, principalmente as localizadas nos países em desenvolvimento como o Brasil, necessitem buscar estratégias e técnicas que as permitam sobreviver no mercado.

O movimento de globalização surgiu na transição do século XX para o século XXI e introduziu alterações nas áreas econômicas, sociais e técnicas. Porter (1993, pg. 75) mostra que a motivação para a globalização se expressa da seguinte forma: *“As indústrias globalizam porque mudanças na tecnologia, necessidades do comprador, políticas governamentais ou infraestrutura do país criam diferenças importantes na posição competitiva entre empresas de diferentes países ou tornam mais significativas as vantagens de uma estratégia global”*.

A qualidade dos produtos e dos processos produtivos da empresa não é mais considerada uma vantagem competitiva, mas sim condição *sine qua non* para a sobrevivência das mesmas. Assim, conforme Angelo e Siqueira (2000), além de desenvolver novos produtos, aprimorar os já existentes e buscar novos mercados, as empresas buscam outras maneiras de aumentar sua competitividade voltando-se às operações ligadas a área de produção.

Um dos fatores que atualmente está sendo discutido para fazer com que as empresas brasileiras se enquadrem em um padrão mundial e que sejam aceitas globalmente, é a redução das perdas, já que a presente concorrência exige alta qualidade e baixos custos.

Caten (1999, pg.19) diz que *“a preocupação de relacionar qualidade e custos parece evidenciada, por exemplo, na definição de qualidade proposta por Taguchi que diz que a qualidade de um produto pode ser avaliada através da perda imposta pelo produto à sociedade, desde que o produto é fabricado até o final de sua vida útil”*.

As perdas incorridas pelas empresas, tanto as tangíveis como as intangíveis, devem

ser identificadas, não somente para continuar competitivo no mercado, mas por uma questão social, pois a sociedade não quer mais absorver a incompetência das empresas. Bornia (1995, pg.2) define perda como *“tudo que não agrega valor ao produto e custa alguma coisa, desde materiais e produtos defeituosos até atividades não produtivas. Esta definição de perda engloba algumas atividades imprescindíveis à fabricação do produto, como a preparação de máquinas e a movimentação de materiais, as quais não podem ser eliminadas completamente, mas podem e devem ser melhoradas, restringindo-se ao mínimo possível”*.

Deste modo, já está inerente ao dia-a-dia das empresas incorporar técnicas e ferramentas que eliminem as perdas, principalmente aquelas incorridas no processo produtivo, tais como refugo, retrabalho e também as perdas ocorridas depois que o produto é colocado no mercado, que poderão trazer insatisfação nos clientes. Com esta preocupação presente no ambiente de trabalho fica mais fácil atingir um processo de melhoria contínua que permita a empresa crescer de maneira sistemática para atingir seus objetivos e também servir à sociedade de maneira que ainda possa obter lucro.

## **1.2 Tema e Objetivos**

Este trabalho de dissertação aborda as perdas de qualidade existentes no processo produtivo de fabricação de fraldas descartáveis.

O objetivo principal deste trabalho é, através da implantação do Controle Estatístico de Processo, reduzir o percentual de refugo e retrabalho do processo produtivo de fraldas descartáveis da empresa Cora Produtos Higiênicos S/A, assim como eliminar os desperdícios de matéria-prima existentes no processo.

Com os resultados obtidos na implantação do controle estatístico, os objetivos secundários deste estudo são:

- a) identificar os processos críticos para a qualidade demandada pelos clientes;
- b) implantar alguns indicadores de desempenho para a área de produção capazes de monitorar a evolução da empresa.

## **1.3 Justificativa do tema e objetivos**

O desenvolvimento deste trabalho é de extrema importância para a empresa, pois as perdas de qualidade existentes no seu processo produtivo fazem com que a mesma não seja competitiva perante seus concorrentes e conseqüentemente perante ao mercado.

A principal justificativa para o tema proposto está associada com as condições econômicas vigentes na economia brasileira, onde se observa a crescente abertura do mercado

para empresas que possuem um alto grau de produtividade e também pela premente globalização da economia. Estas condições trazem um aumento da concorrência, não apenas a nível interno, mas também mundial. Todo este cenário faz com que as empresas precisem repensar seus processos produtivos para atender às alterações exigidas pelo mercado.

No Brasil encontram-se quatro grandes multinacionais fabricantes de fraldas descartáveis que são: Johnson & Johnson, Procter e Gamble, Kimberly-Clark e MPC onde as mesmas concentram 70% das vendas nacionais. Os outros 30% são divididos em empresas de médio porte (como a empresa estudada) e de pequeno porte.

O mercado de fraldas no Brasil encontra-se extremamente saturado de pequenas empresas, que, diante dos baixos preços das máquinas de fabricação de pequeno porte, vislumbram a possibilidade de um novo negócio lucrativo. Estas pequenas empresas vendem seus produtos com preço baixo para os consumidores que, atraídos pelo baixo custo, só os descartam depois de comprovada sua falta de qualidade.

Segundo dados obtidos na Revista Brasil em Exame (2001), com fontes extraídas da Empresa ACNielsen, para cada fralda vendida em 1994, hoje são vendidas quase nove. Mas o faturamento dos fabricantes não cresceu no mesmo ritmo, pois com o aumento da concorrência o preço da fralda caiu de U\$ 1,00 a unidade para U\$ 0,15 ao longo da década de 1990. O Brasil ainda tem um enorme mercado potencial, pois a população brasileira utiliza somente 15,8 unidades por habitante por ano de fraldas descartáveis comparado com o México, outro país em desenvolvimento, que utiliza 29,57 fraldas por habitante no ano, dados mostrados na Figura 1.

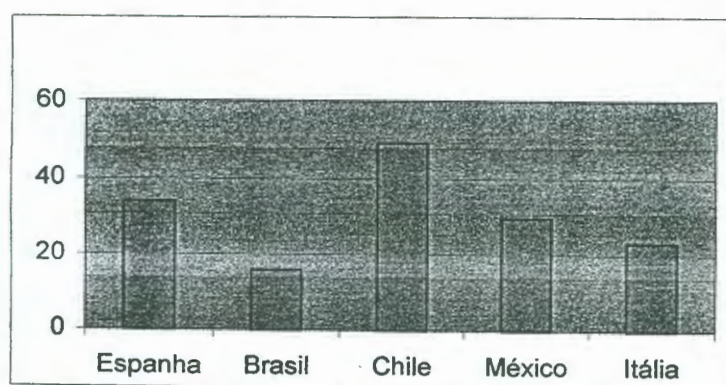


Figura 1. Consumo em unidades por habitantes por ano em alguns países em 2000.

[Fonte: ACNielsen – Revista Exame – ed.751]

A empresa em questão, desde 1997, começou a se profissionalizar e a buscar no



mercado técnicas que serviriam de base para sua completa reestruturação no setor produtivo, área identificada como a principal causa dos problemas financeiros da empresa. Mensalmente, a empresa possui em média 5,02% da produção acabada considerada 2ª linha ou refugo, conforme pode ser visualizado na figura 2. Estes dados foram coletados no período de junho de 2001 a maio de 2002, na máquina de fralda descartável que produz o tamanho médio, o qual será objeto de estudo deste trabalho, por representar 35% da produção.

Deste modo, pode-se buscar em Ferramentas do tipo Controle Estatístico de Processo, QFD e indicadores de desempenho, meios para reduzir este percentual.

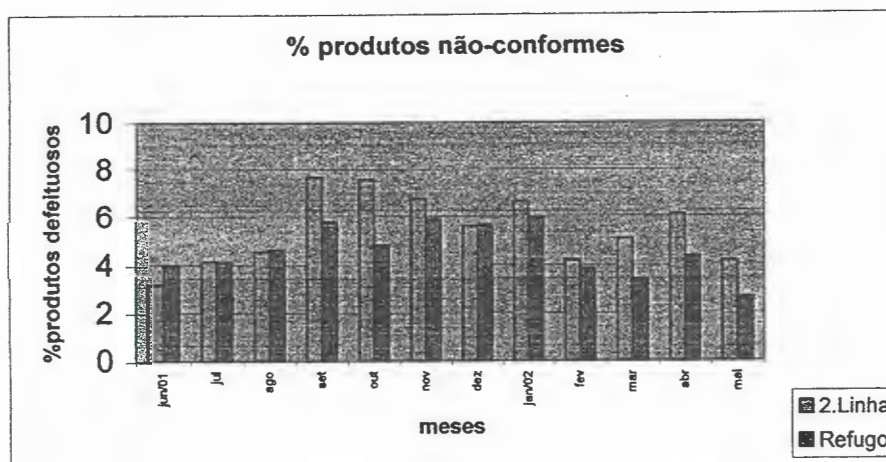


Figura 2. Percentual de produtos não-conformes

Caten (1999) diz que a ferramenta do CEP proporciona o controle da qualidade durante a execução do processo prevenindo a formação de defeitos ou não-conformidades nos produtos acabados. O CEP tem como objetivo uma estratégia preventiva de controle da qualidade, em detrimento de uma estratégia de inspeção e detecção de erros após sua ocorrência. Conforme Caten (1999, pg.21) “quando corretamente implantado, o CEP promove melhorias na qualidade, produtividade e confiabilidade dos produtos, além da redução dos custos da má qualidade, e consequentemente, do custo total do produto manufaturado”.

A ferramenta de QFD também justifica-se, pois conforme Silva e Neto (1999, pg. 21) “é um método específico de ouvir o que dizem os clientes, descobrir exatamente o que eles querem e, em seguida, utilizar um sistema lógico para determinar a melhor forma de satisfazer necessidades com recursos existentes, permitindo que todos trabalhem em conjunto para dar aos clientes exatamente o que eles desejam”.

Os indicadores de desempenho também tem como base a ênfase na prevenção dos problemas existentes na qualidade dos produtos e serviços da empresa, ao invés da inspeção. Concomitantemente com um efetivo Controle Estatístico de Processo, os indicadores tem por



objetivo mostrar para a empresa seu desempenho quanto a medidas, padrões e critérios adotados em seus procedimentos operacionais, além de serem capazes de mostrar o grau de desenvolvimento da empresa na busca do seu crescimento no mercado.

#### **1.4 Método de trabalho**

Conforme Gil (1991), o método utilizado em um trabalho de dissertação se caracteriza por consistir de diversas etapas para se definir os procedimentos que serão adotados ao longo do estudo.

De acordo com o autor, existem diversas formas de se classificar uma pesquisa e este trabalho tem por característica ser uma pesquisa aplicada, pois tem como objetivo aplicar ferramentas gerenciais para a solução de um problema específico da empresa, que é a redução das perdas em seu processo produtivo.

A abordagem do problema será de forma quantitativa, pois serão utilizados dados obtidos no processo produtivo da empresa.

O objetivo desta pesquisa se caracteriza por ser exploratória, para tornar explícito o problema. Desta forma, o método que se enquadra na categoria é a Pesquisa-Ação.

Esta Pesquisa-Ação começa com uma revisão da literatura que abrange o tema para se obter uma fundamentação teórica sobre os assuntos, extraídos de livros, revistas científicas nacionais e internacionais, de forma a discutir o presente assunto sob óticas de autores diferentes.

Para tanto, faz-se necessária a utilização da ferramenta de QFD (*Quality Function Deployment*) como método inicial para priorizar as características de qualidade exigidas pelos clientes e os processos críticos da empresa.

Neste trabalho será utilizada a proposta de implantação do CEP adaptada de Ribeiro e Caten (2001), os quais sugerem que o mesmo deve ser separado em duas etapas:

- a) identificação dos processos críticos através da implantação da metodologia do QFD;
- b) aplicação do controle estatístico nos processos críticos.

Com os dados coletados no processo de implantação, parte-se para a elaboração de um plano das ações de melhoria.

A implantação dos indicadores, uma das ações de melhoria proposta, será aplicada em conjunto com a gerência e os operadores, para que se possa definir quais os mais apropriados. Os indicadores neste estudo poderão indicar também quais os próximos

processos ou características de qualidade que deverão ser acompanhados pelo CEP.

E por fim, baseado no estudo teórico e nos dados coletados, elaboram-se conclusões quanto ao desempenho da implantação do CEP, destacando-se os pontos positivos e as vantagens e desvantagens encontrados ao longo deste trabalho, sugerindo-se também melhorias para trabalhos futuros.

### **1.5 Estrutura**

O trabalho proposto está estruturado em cinco capítulos, os quais são descritos a seguir.

No capítulo 1 é apresentada uma descrição sobre o tema da dissertação, os objetivos e o método utilizado no trabalho, além das limitações e estrutura do trabalho.

O capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica sobre os principais tópicos utilizados no desenvolvimento da metodologia proposta no trabalho, inicialmente mostrando uma visão geral do que diversos autores falam sobre competitividade e depois sobre os assuntos principais desta dissertação; QFD, CEP e indicadores de desempenho, além de demonstrar uma visão parcial do assunto das perdas incorridas no processo produtivo.

O capítulo 3 apresenta a adaptação da proposta de Ribeiro e Caten (2001) para a implantação de um controle estatístico de processo, com uma subsequente implantação de indicadores de desempenho.

No capítulo 4 apresenta-se a efetiva implantação do CEP, além da apresentação do plano de ação com a indicação de quais os indicadores mais adequados para o controle gerencial da produção, onde alguns deles já terão seus resultados apresentados.

No capítulo 5 serão apresentadas as conclusões e as sugestões para trabalhos futuros.

### **1.6 Delimitações**

A Cora Produtos Higiênicos trabalha com os tamanhos de fraldas pequeno, médio, grande e extra grande e com os tamanhos de pacotes normal, econômico, extra e mini. Nesta dissertação será abordado somente o tamanho médio econômico, por ser o mais vendido para o mercado e o mais representativo no faturamento da empresa.

A voz do cliente não será levantada por pesquisa de mercado, mas junto aos registros de reclamações feitas pelos clientes.

Seria importante para a empresa, quando da indicação das ações de melhoria propostas, proceder quanto à padronização dos seus processos, além de incentivar o treinamento dos seus funcionários, o que não será abordado neste trabalho.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica está estruturada da seguinte forma: inicialmente fala-se sobre o fenômeno da globalização que está aumentando a competitividade existente entre as empresas, obrigando-as a buscarem alternativas para se tornarem únicas no mercado em que atuam. Para tanto, na seqüência desta revisão, foram desenvolvidos os temas pertinentes à qualidade e as perdas incorridas pelas empresas em seus processos produtivos, assim como as ferramentas utilizadas para minimizar estas perdas, tais como QFD, CEP e indicadores de desempenho.

### 2.1 *Globalização e Competitividade*

Diariamente a competitividade entre as empresas do mundo inteiro está aumentando e para que as empresas continuem atuando no mercado, devem se diferenciar dos seus competidores. Este aumento de competitividade deve-se, em grande parte, ao fato do mundo estar se tornando rapidamente uma aldeia global.

Este movimento se deu início há pelo menos 30 anos e deve-se ao fato do mundo estar se encaminhando de uma economia industrial para uma economia de informação. O advento da internet tornou possível que as empresas busquem informações em tempo real em qualquer parte do mundo e, conseqüentemente, todos os consumidores que as acompanham também possuem esta possibilidade de informação. Angelo e Siqueira (2000, pg. 71) falam que *“este estágio de desenvolvimento das comunicações e da informática criou as condições para que a globalização ocorresse da forma como se observa hoje em dia, com mercados, investidores, empresas e mesmo consumidores conectados mundialmente”*. A concorrência entre as organizações está baseada atualmente na capacidade das empresas em adquirir, interpretar e utilizar a informação de forma eficaz.

Este movimento em direção a uma economia mundial única, movida pela informação, conhecimento e tecnologia ocorreu por diversas razões segundo Davis *et al* (2001, pg.40):

*“a) avanços contínuos em tecnologia da informação que facilitam a rápida transferência de dados através de longas distâncias;*

*b) a crescente tendência em diminuir as barreiras ao comércio, como se verifica através da criação dos blocos econômicos;*

*c) a diminuição dos custos de transporte;*

*d) o surgimento de mercados de alto crescimento associados a altas margens de lucro, em países recentemente industrializados”.*

Com esta intensificação da competição global, os preceitos tradicionais da teoria administrativa não estão sendo mais eficientes para que as empresas continuem competitivas no cenário internacional. Antes deste movimento de globalização, as empresas se concentravam somente em três funções para mensurar seus resultados: nos recursos, nos clientes e na parte financeira, onde cada um tinha seu objetivo principal que eram respectivamente: aumentar os rendimentos, reduzir custos e aumentar o lucro no curto prazo.

Desta maneira, pode-se observar que todas as empresas precisam alterar estes conceitos para continuarem competitivas e, principalmente, tomar decisões através de um consenso, onde toda a empresa esteja envolvida nos objetivos estratégicos definidos pela organização e que todos tenham conhecimento da sua participação no processo. Esta alteração de conceitos exige que as empresas estejam comprometidas com o contínuo e completo aperfeiçoamento de seus produtos, processos e colaboradores (COX e LOCKAMY, 1994; ROBLES, 1994).

Kaplan (1997) e Machado (2001) demonstram no que as empresas precisam se concentrar para continuarem competitivas:

a) desenvolver relações duradouras com clientes e fornecedores ao longo da cadeia produtiva, criando, mantendo e administrando parcerias e alianças estratégicas para que o mercado seja atendido com eficiência e eficácia;

b) montar uma base cada vez maior de conhecimentos, aprendendo continuamente com a experiência e a informação, buscando capacitação tecnológica necessária para apoiar a estratégia de negócios da empresa;

c) mobilizar talentos, desenvolver novas competências e criar um clima organizacional que estimule o aumento da capacidade de inovação, além de mobilizar a

motivação destes talentos para a direção da melhoria contínua de processos, qualidade e os tempos de resposta;

d) examinar continuamente o ambiente em busca de mudanças que assinalem ameaças, novos desafios e oportunidades, reagindo aos estímulos num tempo cada vez menor;

e) melhorar a produtividade dos recursos através da fabricação dos produtos existentes com maior eficiência ou do desenvolvimento de produtos pelos quais os clientes estejam dispostos a pagar valores mais elevados;

f) reduzir o tempo entre o projeto, fabricação e introdução de novos produtos no mercado e fabricar uma maior variedade de produtos com tempos menores de preparação e lotes menores, obedecendo a especificações de qualidade e entregando no tempo exigido.

Este foco no cliente sempre foi discutido por Kotler (2000) que diz: *“todo negócio tem que ser considerado como o processo de satisfazer o cliente e não como o processo de fabricar produtos, pois os produtos duram pouco, ao passo que as necessidades básicas e os grupos de clientes continuam a existir”*.

Por isto, a chave para o desenvolvimento de uma estratégia efetiva está em compreender como criar ou agregar valor para os clientes. As empresas de classe mundial devem mudar sua expectativa em relação aos seus clientes, sincronizando suas atividades para alcançar o objetivo estratégico puramente em função das necessidades dos clientes. Para que as empresas possam estabelecer e manter os diferenciais competitivos escolhidos, elas devem procurar e identificar fatores capazes de manter a fidelidade dos clientes atuais, recuperar ex-clientes e fazer com que novos clientes vejam como uma alternativa vantajosa os produtos e serviços oferecidos pela empresa (UHLMAN, 1997; DAVIS et al, 2001).

Por isto, a fim de não apenas sobreviver, mas prosperar em um mercado tão competitivo, um dos principais diferenciais exigidos pelos clientes é o preço, que irá cair em razão da competição e encolher a margem de lucro das empresas. Nesta situação, apenas a empresa que produz com baixo custo pode ser bem sucedida. Além desta estratégia de baixo custo, existem duas outras estratégias comerciais que uma empresa pode adotar: segmentação de mercado e diferenciação de produto (PORTER, 1980; DAVIS et al, 2001).

A estratégia da diferenciação consiste em procurar projetar uma forte identidade própria para o serviço ou produto, que o torne nitidamente distinto dos produtos e serviços concorrentes. Na estratégia de segmentação de mercado, faz-se a necessidade de selecionar um nicho de mercado e dominar os recursos para explorá-lo da melhor forma possível, em vez de procurar enfrentar todos os concorrentes no grande mercado (MAXIMILIANO, 1997 *apud*

PORTER, 1980).

Para se obter estes diferenciais, é necessário direcionar os esforços na direção da estrutura que deve ser focada para se alcançar estes objetivos, que é a área industrial, que vem sofrendo profundas transformações desde o aumento da concorrência.

Conforme Cavenaghi (1995), na atual conjuntura econômica mundial, o novo paradigma da produção representa a evolução do modelo tradicional de gestão da produção, para um modelo mais adequado às necessidades das empresas industriais. A área de produção começou a ser considerada como uma vantagem competitiva para a empresa e analisada com mais cuidado pelos empresários, como alternativa para alcançar melhores resultados finais.

Bornia (1995) faz um comparativo entre o sistema produtivo de uma empresa moderna, que está se adequando à competitividade, ao de uma empresa tradicional. Ele diz que a produção típica de uma empresa tradicional era composta por poucos artigos, feitos em grandes lotes, com alto volume de produção. Na empresa moderna, há a necessidade de grande flexibilidade na produção, isto é, cada vez mais é preciso fabricar produtos com muitos modelos, feitos em prazos mais curtos, com vidas úteis menores, devendo ser entregues em menos tempo ao cliente. Estas exigências fazem com que a produção deva ser efetuada em lotes pequenos, com alta qualidade.

Outra preocupação da empresa moderna é a busca incessante pela melhoria da produtividade e eficiência. Desta forma, a produção da empresa moderna deve ser feita de maneira a evitar ao máximo ineficiências decorrentes de má qualidade e trabalhos improdutivos. Além da eficiência também é necessária eficácia: deve-se entender que apenas utilizar os recursos eficientemente, ou seja, consumir o que estava previsto e sem desperdícios não é a única contribuição que a área de produção deve dar para a competitividade da empresa. As atividades que não colaboram efetivamente à agregação de valor ao produto devem ser reduzidas sistematicamente e continuamente, da mesma maneira que não se pode tolerar qualquer tipo de perda no processo produtivo (BORNIA, 1995; CAVENAGHI, 1995).

## **2.2 Qualidade no setor produtivo**

### **2.2.1 A Filosofia da Qualidade Total ou TQM**

Uma peculiaridade imprescindível na empresa de hoje em dia é a priorização da qualidade. Bórnia (1995) diz que a visão da qualidade está consideravelmente ampliada, englobando a satisfação dos desejos do mercado, a manufatura confiável e sem defeitos, o

preço de venda acessível aos consumidores, a segurança e a adequação ao meio ambiente e o atendimento aos prazos locais e quantidades exigidas, sem falar nos serviços de assistência técnica.

Pode-se dizer que a preocupação com a qualidade dos produtos teve origem com o surgimento da produção em maior escala, no início do século passado, onde se constata o início da era da inspeção formal, a qual foi motivada, segundo Silva e Ferreira (2000), pelo Departamento bélico dos Estados Unidos.

A qualidade total relaciona-se com a satisfação destas necessidades e o Controle da Qualidade Total é a busca pelo alcance da qualidade. Paese (2000, pg. 8) diz que a Gestão da Qualidade Total *“é o modo de gestão de uma empresa, centrado na qualidade, baseado na participação de todos os seus membros, visando ao sucesso a longo prazo, através da satisfação do cliente e dos benefícios para todos os membros da organização e para a sociedade”*.

*“Controle da Qualidade Total é um sistema efetivo para integração dos esforços de desenvolvimento da qualidade, manutenção da qualidade e melhoria da qualidade, esforços estes de vários grupos em uma organização, que visa permitir o marketing, a engenharia, a produção e os serviços ao nível mais econômico que permita a plena satisfação do cliente”* (FEIGENBAUM, 1995, pg.18).

Campos (1992) define os princípios da Qualidade Total como:

- a) atender plenamente aos anseios dos clientes, priorizando a qualidade, no planejamento, projeto e fabricação dos produtos;
- b) concentrar esforços para eliminar o problema mais crítico, tomando decisões baseadas em fatos e dados;
- c) controlar o processo, não o resultado, reduzindo a variabilidade do mesmo;
- d) não permitir a venda de produtos defeituosos ao cliente ou ao processo seguinte, prevenindo os problemas na origem e não permitindo que uma causa de problema se repita;
- e) treinar e educar continuamente o empregado, solicitando sua criatividade para a melhoria das atividades;
- f) comprometer a alta direção e executar as estratégias através de todas as chefias.

Esta filosofia de excelência empresarial tem como pilares os seguintes entendimentos, conforme apresentado por Huce (1988):

**Fazer as coisas certas pela primeira vez:** com isto assegura-se que os produtos saiam da empresa com qualidade que nada mais é do que satisfazer às necessidades dos clientes e não apenas às especificações internas do produto, as quais podem ou não se

relacionar às necessidades dos clientes/consumidores. Deste modo, não incorre-se nos custos da má qualidade.

**Extrema rapidez na preparação de máquinas e arranjos de células de produção:** os fabricantes tradicionais pouco tem feito para reduzir os períodos de arranjos das células de manufatura. Na nova forma de pensar, os arranjos de células de manufaturas devem ser efetuados em períodos de tempo extremamente curtos, que possibilitam a manufatura de lotes menores de produtos, o que não apenas aumenta a flexibilidade de reação às alterações de programação, como também promove o retorno mais rápido de comentários sobre os problemas de qualidade.

**Envolvimento das pessoas:** significa a utilização de energias criativas de todos os funcionários para a solução de problemas. Requer um elevado grau de comprometimento de todos os funcionários para com a empresa (HUGE, 1998; PEREZ et al, 1999).

Os dois princípios em que se baseia a Filosofia da Qualidade Total são conceituados por Huges (1988) e Bornia (1995) da seguinte forma:

a) aperfeiçoamento contínuo: a principal diferença entre a empresa atual e a antiga é a constante procura pela melhoria de suas atividades. As empresas precisam necessariamente concentrar esforços constantes na busca de seu aprimoramento, não apenas com inovações tecnológicas, mas também com eliminação das perdas existentes no processo. A empresa que parar de fazer isto com certeza será superada por seus concorrentes. A produtividade, a qualidade, o serviço ao cliente/consumidor e a flexibilidade no desenho de produto e alterações de programação devem aprimorar-se continuamente.

b) eliminação de desperdícios: no processo de melhoria contínua, a eliminação das perdas é peça de fundamental importância para a sobrevivência das empresas no mercado moderno. O desperdício é algo que não adiciona valor ao produto e custa alguma coisa, desde materiais e produtos defeituosos até atividades não produtivas. O valor é normalmente adicionado quando matérias-primas ou materiais comprados são transformados do seu estado de recebimento em um estado mais elaborado que alguém queira comprar.

Campos (1992) afirma que todo processo ou sistema deve garantir a qualidade total para o processo seguinte. Para que isto ocorra deve ser praticado o controle da qualidade, que serve para eliminar a causa fundamental dos problemas do processo ou sistema e para isto deve-se analisar o processo para atuar na causa e observar o resultado: caso seja positivo, padronizar (adotar o novo procedimento) e estabelecer item de controle para vigiar a causa fundamental para garantir que o resultado indesejado não retorne.



O Sistema Gerencial denominado TQM ou Gestão pela Qualidade Total (GQT), nome mais conhecido aqui no Brasil, surgiu, de acordo com Dellaretti (1996), como oportunidade de se reduzir sensivelmente as perdas provocadas pelos sistemas tradicionalmente utilizados pelas empresas. Silva e Ferreira (2000) dizem que a filosofia da GQT teve origem e aplicação em grandes empresas, com metodologias similares mais distintas, cujo embasamento teórico direciona para a busca constante da satisfação do cliente.

As pequenas e médias empresas no Brasil vêm enfrentando maiores dificuldades para a implantação da GQT, pois não dispõem de informações e nem estrutura suficiente para a construção e manutenção da referida técnica, o que pode as levar à utilização inadequada de ferramentas e métodos, contrariamente ao que ocorre nas grandes empresas, onde são práticas correntes o planejamento estratégico e a formação de cultura para qualidade em toda a organização.

Silva e Ferreira (2000) *apud* Ghobadian e Gallear (1996) analisaram pequenas e médias empresas e concluíram que os conceitos de gestão apropriados para grandes empresas podem não ser apropriados para as pequenas e médias. Sugerem, de acordo com a Figura 3, um modelo de implantação da GQT centralizado na gestão do processo em direção à melhoria contínua, envolvendo o foco nas pessoas, no mercado, no processo, na comunicação e na medição ou avaliação dos resultados.



Figura 3. Implementação da GQT em Pequenas e Médias Empresas

[Fonte: Silva e Ferreira (2000), extraído de Ghobadian e Gallear (1996)]

Esta implantação exige metodologias e as ferramentas básicas mencionadas acima para a execução no chão de fábrica, de onde realmente sai o produto para o mercado, isto é, o resultado de todos os esforços da organização. Estes métodos e ferramentas constituem os pontos críticos para a implementação e exigem esforços e qualificação do pessoal da organização, tendo em vista a dinâmica e necessidades de continuidade de todas as operações.

### 2.2.2 Identificação das perdas no processo produtivo

É importante ressaltar a importância que vem se dando à minimização das perdas no processo produtivo. Antes de defini-las, é necessário demonstrar exatamente o que é o processo de produção de uma empresa. Antunes (1998) *apud* Shingo (1996b) propõe que os sistemas de produção não devem ser visualizados do ponto de vista de que o processo é um conjunto de operações. Segundo Shingo (1996a), os sistemas produtivos constituem-se em uma rede funcional de processos e operações.

*“Produção constitui uma rede de processos e operações, fenômenos que se posicionam ao longo de eixos que se interseccionam. Em melhorias de produção, deverá ser dada prioridade máxima para os fenômenos de processo”* (SHINGO, 1996b, pg. 29).

De acordo com Shingo (1996b), o conceito do Mecanismo da Função de Produção é importante porque ele promove um rompimento conceitual com a administração da produção de origem norte-americana. Isto pode ser atribuído à tradição americana relativa a administração da produção, onde os processos eram visualizados como um conjunto de operações. Sendo assim, as melhorias nas operações resultariam imediatamente em melhorias no processo. Porém, esta hipótese é falseada, através do exemplo descrito abaixo:

*“ao comprar-se uma máquina para aumentar a capacidade em uma operação não-gargalo, a operação está sendo melhorada (máquinas foram melhoradas), porém, o processo piorou porque o fluxo de materiais continua restringido pelo gargalo e os custos totais da fábrica aumentaram”* (ANTUNES, 1998 pg.209).

Este exemplo mostrado por Antunes deixa clara a necessidade de que as melhorias no sistema produtivo devem estar associadas à função processo. Esta maneira de interpretar a produção resulta na necessidade de distinguir o processo da operação, e analisá-los separadamente a fim de promover melhorias no processo de produção. Shingo (1996b) também diz que embora o processo seja realizado através de uma série de operações, é um equívoco colocá-los no mesmo eixo de análise porque isso reforça a hipótese errada de que a melhoria das operações individuais aumentará a eficiência global do fluxo do processo do qual elas são partes.

Um processo é visualizado como o fluxo de materiais no tempo e no espaço; é a transformação da matéria-prima em componentes semi-acabados e daí a produto acabado. Por sua vez, as operações podem ser visualizadas como o trabalho realizado para efetivar essa transformação – a interação do fluxo de equipamentos e operadores no tempo e no espaço.

Para reduzir efetivamente a taxa de defeitos, Shingo (1996a) diz que o processamento

deve ser informado sempre que um defeito é encontrado, de forma que medidas devem ser tomadas para corrigir o método ou a condição de processamento, impedindo, assim, a repetição do defeito. A inspeção que realiza esta função é chamada de inspeção informativa, porque realimenta o processamento com informação. Quanto mais rápido um defeito for identificado, mais rápido poderá ser tratado o problema, e maior será a redução nos defeitos. Em resumo, a inspeção por julgamento descobre os defeitos, enquanto que as inspeções informativas reduzem sua ocorrência.

Pode-se ver então a necessidade de se mensurar as perdas e as atividades que não agregam valor aos produtos. Com tal informação, é possível visualizar-se o montante despendido no sistema produtivo que não colabora com a fabricação dos produtos, tendo-se condições de priorizar e dirigir esforços de melhoria aos locais onde existe maior potencial de retorno.

Conforme Taylor (1982) *apud* Kayser (2001) a noção de perdas no início do século vinculava-se basicamente ao desperdício dos materiais. Da mesma forma, Taylor afirma que:

*“Vemos e sentimos o desperdício das coisas materiais. Entretanto, as ações desastradas, ineficientes e mal orientadas dos homens não deixam indícios visíveis e palpáveis. E, por isso, ainda que o prejuízo diário daí resultante seja maior que o desastre das coisas materiais, este último nos abala profundamente, enquanto aqueles apenas levemente nos impressionam”.* (TAYLOR, 1982)

Antunes (1995) mostra que as causas fundamentais da existência das perdas se encontram em dois eixos: na falta de uma visão sistêmica por parte da gerência em relação à necessidade do treinamento e formação das pessoas e na falta de uma análise detalhada dos processos que geram as perdas.

As perdas e desperdícios são qualquer coisa além do mínimo de equipamentos, materiais, componentes e mão-de-obra (horas produtivas) que sejam absolutamente essenciais para produzir e sendo assim, só aumentam os custos (OHNO, 1997; BLACK, 1998).

Severiano Filho e Estrela (2001) classificam as perdas, mostrando que é de extrema importância conhecer sua natureza e identificar suas principais causas:

- 1) Perdas segundo seu controle: perda inevitável ou natural que corresponde a um nível aceitável de perdas que é identificado quando o investimento necessário para sua redução é maior que a economia gerada;
- 2) Perdas segundo sua origem: as perdas em geral ocorrem e podem ser identificadas durante as etapas de produção;
- 3) Perdas segundo sua natureza: a visão geral da produção como um processo,

resultou em uma conceituação mais ampla de perda. O sistema convencional concentrava-se em três espécies principais: material refugado, tempo ocioso dos trabalhadores e pouca utilização das máquinas.

Normalmente são encontrados cinco termos que caracterizam as formas de perdas incorridas pelas empresas que são, conforme Robles (1994) e Cortes (2001):

1) Sucata ou Refugo: produção que não satisfaz a padrões dimensionais ou de qualidade e, portanto, é refugado e vendido por seu valor de disposição.

2) Unidades defeituosas (retrabalho): produção que não satisfaz aos padrões dimensionais ou de qualidade e é subsequentemente retrabalhada e vendida através dos canais normais como mercadoria de primeira ou de segunda, dependendo das características do produto;

3) Desperdício: material que ou se perde, ou evapora, ou se encolhe, ou é resíduo que não tem valor de recuperação mensurável;

4) Sobras: resíduo de materiais de certas operações fabris que tem valor mensurável, mas de importância relativamente pequena. As sobras devem ser vendidas ou reaproveitadas;

5) Reclamações: as reclamações são feitas nos prazos de garantia de um produto. Os custos vão desde sua apresentação até o pleno funcionamento do produto. Algumas empresas podem verificar que mesmo fora da garantia, será necessário o seu reparo, uma vez detectado o erro de projeto ou montagem.

## **2.3 Desdobramento da Função Qualidade (QFD)**

### **2.3.1 Introdução**

O desafio do desenvolvimento de novos produtos em um cenário de alta competitividade demanda de muitas empresas um crescente esforço na implantação de uma estratégia que as leve rapidamente ao sucesso no lançamento de novos produtos, sempre levando em consideração as necessidades de seus clientes.

Conforme Akao et al (1999), o desenvolvimento de novos produtos pertencia ao domínio do *Marketing* e a produção e o processo produtivo faziam parte do setor de Engenharia Industrial. No meio disto, não havia responsáveis que garantissem um controle de qualidade eficiente, nem uma tecnologia ou ferramenta que fosse capaz de acompanhar o produto desde a fase de seu planejamento até seu lançamento no mercado e futuro acompanhamento.

Depois da 2ª Guerra Mundial, por volta da década de 1960 e durante o período de transição do *Statistical Quality Control Method* (SQC) para o TQC que Akao concebeu a primeira concepção do que viria a ser o QFD, que foi instigado pela falta de um método para determinar o planejamento da qualidade.

Conforme Ribeiro et al (2001, pg. 8), *“nesta época, a utilização do QFD ocorreu centrada no uso de cartas e matrizes, que revelavam quais os pontos críticos para a garantia da qualidade e quais deveriam ser transferidos ao longo de todas as etapas do projeto e manufatura. Para tanto, foi necessário vincular as matrizes e permitir que as informações fossem transmitidas de uma matriz para a outra. Deste modo, em 1972, no Estaleiro de Kobe o QFD instalou-se como método”*.

Em 1972, Akao publicou *“New Product Development and Quality Assurance – A Quality Deployment System”* mas a ferramenta ainda se mostrava inadequada como um método no Planejamento da Qualidade. Somente em 1978, com a publicação dos primeiros livros sobre QFD é que a metodologia se consolidou no mundo inteiro.

*“O QFD é uma conversão das demandas dos consumidores em características de qualidade, desenvolvendo uma qualidade de projeto para o produto acabado pelos relacionamentos desdobrados sistematicamente entre as demandas e as características, começando com a qualidade de cada componente funcional e estendendo o desdobramento para a qualidade de cada parte e processo. Assim, a qualidade do produto como um todo será gerada através de uma rede de relacionamentos”*. (AKAO, 1990, pg.5)

Desde 1966, o QFD tem sido usado como uma ferramenta de planejamento gerencial que possibilita ouvir a “voz do cliente” e, através de uma pesquisa de mercado, descobrir exatamente o que eles querem. O QFD serve como força propulsora que assegura que a qualidade alcance todos os estágios do produto ou dos serviços, desde sua concepção, desenvolvimento e produção até sua venda no mercado e tem sido testado pelo mundo inteiro. (FONSECA et al, 1999; SILVA e NETO, 1999).

No Brasil, Miguel e Carpinetti (1999) dizem que a metodologia vem sendo aplicada desde 1990 e que ainda não atingiu muitas empresas. A principal razão para a não aplicação da metodologia é devida a falta de conhecimento dos princípios e de sua aplicação prática. As empresas que a utilizam estão entre as 500 maiores companhias em vendas anuais no País e na maioria das vezes, pertencem ao setor automotivo.

O uso do QFD como ferramenta de planejamento de processos de capacitação e aperfeiçoamento, pode propiciar uma redução no tempo de implantação de um Sistema de Qualidade. O QFD é mais utilizado para o desenvolvimento de produtos, porém sua aplicação

pode ser mais abrangente e seu uso sistemático permite obter resultados mais consistentes no longo prazo.

As dificuldades encontradas pelas empresas no Brasil para a implantação do QFD são, conforme Miguel e Carpinetti (1999):

- dificuldade de padronizar as necessidades dos clientes, assim como interpretá-las;
- dificuldade devido à estrutura da empresa;
- falta de tempo para coletar as necessidades dos clientes;
- matrizes muito grandes;
- falta de treinamento dos funcionários quanto à metodologia;
- conflitos internos no grupo.

Já Kaneko (1999) fala que as dificuldades encontradas para a implantação do QFD se encontram na compreensão de todo o contexto em que se enquadra a metodologia. As pessoas aprendem a metodologia, começam a fazer e praticar as suas tabelas e matrizes, mas ficam confusas sobre qual a próxima etapa a seguir e como implementá-las em negócios reais. Isto porque o desenrolar das tabelas e das matrizes envolve um conjunto de incumbências que variam caso a caso, dependendo do objeto de análise (produto ou processo; ou da análise de qualidade, custo ou tecnologia), o que faz a experiência do grupo contar muito para o sucesso da implantação.

### ***2.3.2 Desdobramento da Qualidade na Manufatura***

Ribeiro et al (2001) apresentam uma forma de reorganização para utilização e priorização das matrizes de QFD, utilizando um conjunto de matrizes para identificar as relações que existem entre a qualidade demandada pelos clientes e os processos de chão-de-fábrica.

A Figura 4 apresenta o modelo conceitual de QFD desenvolvido para a utilização na manufatura. Ele é composto por quatro matrizes principais (matriz da qualidade, do produto, dos processos e a matriz dos recursos).

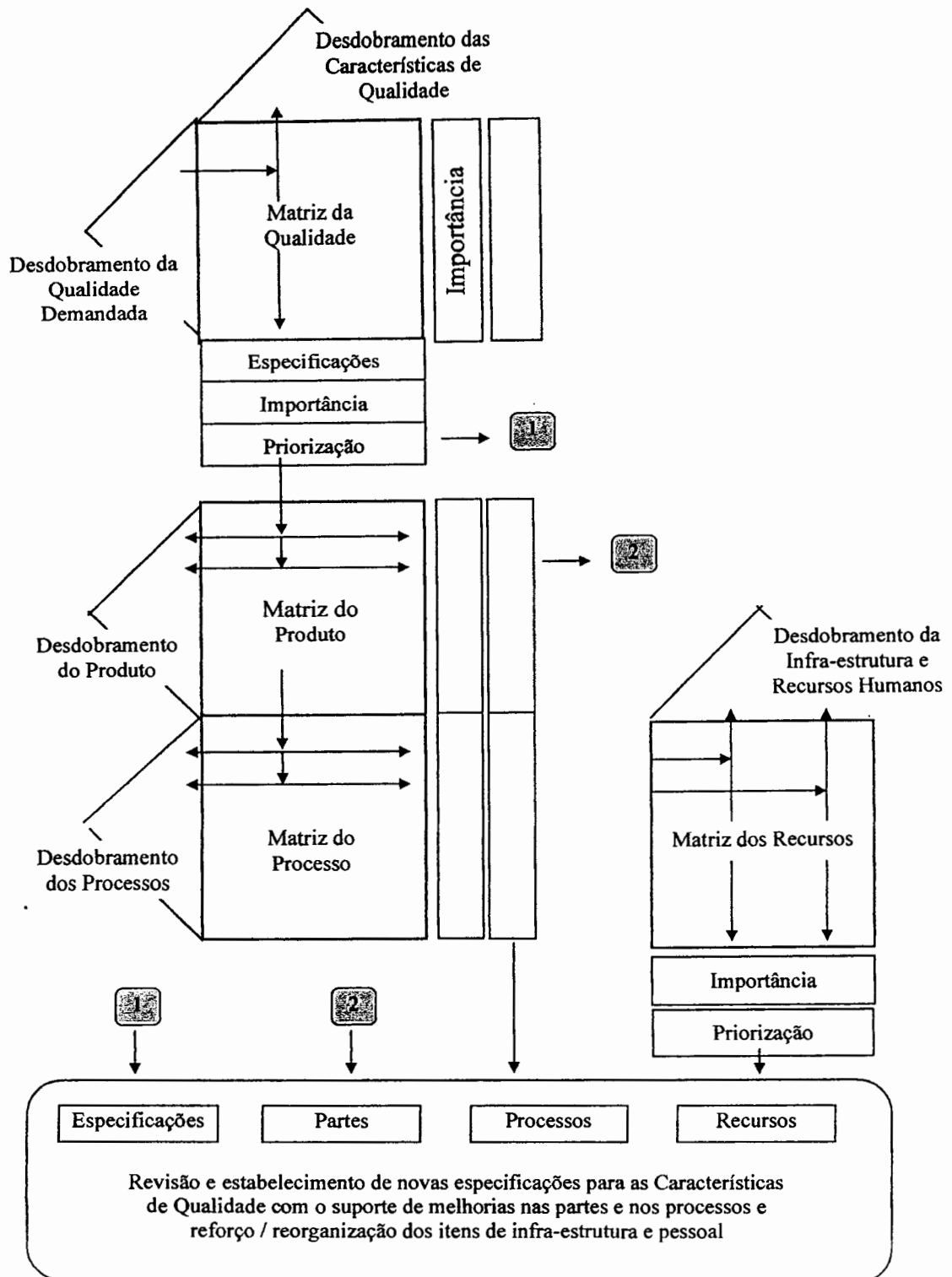


Figura 4. Modelo conceitual de QFD para a manufatura

[Fonte: Ribeiro et al (2001), pg. 36]

As etapas correspondentes ao modelo mostrado na Figura 4 estão na Tabela 1.

*Tabela 1. Etapas do modelo conceitual de QFD para a manufatura*

**1. Matriz da Qualidade**

- 
- 1.1. Desdobramento da qualidade demandada
  - 1.2. Priorização da qualidade demandada (ID<sub>i</sub>\*)
  - 1.3. Desdobramento das características da qualidade
  - 1.4. Relacionamento da qualidade demandada com as características da qualidade (DQ<sub>ij</sub>)
  - 1.5. Especificações atuais para as características da qualidade
  - 1.6. Importância das características da qualidade (IQ<sub>j</sub>)
  - 1.7. Avaliação das dificuldades de atuação sobre as características de qualidade (D<sub>j</sub>)
  - 1.8. Avaliação competitiva das características de qualidade (B<sub>j</sub>)
  - 1.9. Priorização das características de qualidade (IQ<sub>j</sub>\*)
  - 1.10. Identificação das correlações entre as características de qualidade

**2. Matriz do Produto**

- 
- 2.1. Desdobramento do Produto em suas partes
  - 2.2. Relacionamento das características de qualidade com as partes (PD<sub>ij</sub>)
  - 2.3. Importância das partes (IP<sub>i</sub>)
  - 2.4. Avaliação da dificuldade e tempo de implantação de melhorias nas partes (F<sub>i</sub>, T<sub>i</sub>)
  - 2.5. Priorização das partes (IP<sub>i</sub>\*)
  - 2.6. Matriz das Características das Partes

**3. Matriz dos Processos**

- 
- 3.1. Desdobramento dos Processos em suas etapas
  - 3.2. Relacionamento das características de qualidade com os processos (PD<sub>ij</sub>)
  - 3.3. Importância dos Processos (IP<sub>i</sub>)
  - 3.4. Avaliação da dificuldade e tempo de implantação de melhorias nos processos (F<sub>i</sub>, T<sub>i</sub>)
  - 3.5. Priorização dos processos (IP<sub>i</sub>\*)
  - 3.6. Matriz dos Parâmetros do Processo

**4. Matriz dos Recursos**

- 
- 4.1. Desdobramento da Infra-estrutura e Recursos Humanos
  - 4.2. Relacionamento dos processos com os itens de infra-estrutura e recursos humanos (PR<sub>ij</sub>)
  - 4.3. Importância dos itens de infra-estrutura e recursos humanos (IR<sub>j</sub>)
  - 4.4. Avaliação do custo e dificuldade de implantação dos itens de infra-estrutura e recursos humanos (C<sub>j</sub>, L<sub>j</sub>)
  - 4.5. Priorização dos itens de infra-estrutura e recursos humanos (IR<sub>j</sub>\*)
  - 4.6. Matriz dos Custos

**5. Planejamento da qualidade**

- 
- 5.1. Plano de melhoria das especificações
  - 5.2. Plano de melhoria das partes
  - 5.3. Plano de melhoria dos processos
  - 5.4. Plano de melhoria da infra-estrutura e recursos humanos

*[Fonte: Ribeiro et al (2001, pg.37)]*

Vale observar que em algumas aplicações do QFD não é necessário utilizar todas as matrizes que aparecem descritas e, neste trabalho, somente algumas serão utilizadas.

O QFD tem início através da identificação dos clientes que utilizam os produtos ou serviços oferecidos pela empresa e com isto feito, faz-se o levantamento da qualidade demandada por estes clientes, na maioria das vezes, através de uma pesquisa de mercado. Estes dados também podem ser buscados através de caixas de sugestões, registros de reclamações e dados da assistência técnica.



Os resultados desta pesquisa devem permitir uma priorização dos itens da qualidade demandada através do estabelecimento de um peso de importância para cada item, além da avaliação estratégica e da avaliação competitiva. Conforme Ribeiro et al (2001) é utilizado para isto um índice de importância definido pelos clientes ( $Idi$ ) para cada um dos itens, corrigido pela consideração dos aspectos estratégicos ( $Ei$ ) e competitivos ( $Mi$ ), obtendo-se então o índice de importância corrigido ( $IDi^*$ ). Este índice é calculado através da seguinte fórmula:

$$\text{eq. 1. } IDi^* = Idi \times \sqrt{Ei} \times \sqrt{Mi}$$

Onde:

$IDi^*$  = índice de importância corrigido da qualidade demandada

$Idi$  = índice de importância da qualidade demandada

$Ei$  = avaliação estratégica dos itens da qualidade demandada

$Mi$  = avaliação competitiva dos itens da qualidade demandada

Depois de definidas as qualidades demandadas pelos clientes, listam-se as características de qualidade, que devem ser definidas por uma equipe multifuncional, de preferência de dentro da empresa, pois devem ter familiaridade com o produto e com o processo de fabricação. Estas características de qualidade serão usadas para traduzir as demandas da qualidade em requisitos técnicos e mensuráveis. O próximo passo é cruzar os itens da qualidade demandada com as características da qualidade, através de uma Matriz da Qualidade, que tem por objetivo, conforme Caten et al (2000), o estabelecimento das relações entre a qualidade demandada e as características de qualidade, de forma a permitir a identificação das características críticas para a qualidade.

O preenchimento da Matriz é realizado de acordo com a opinião da equipe técnica. Os elementos principais da Matriz da Qualidade estão apresentados no cabeçalho das linhas (itens de qualidade demandada) e no cabeçalho das colunas (características de qualidade). São estabelecidos relacionamentos entre a qualidade demandada pelos clientes e as características de qualidade, originando o índice de intensidade dos relacionamentos ( $Dqij$ ), onde  $i$  denota a qualidade demandada e  $j$  denota a característica da qualidade. O estabelecimento das relações é feito respondendo a seguinte pergunta: se a característica da qualidade “x” for mantida em níveis excelentes, estará assegurada a satisfação da qualidade demandada “y”? A escala utilizada na medição do índice é uma escala contínua de 0 a 9, conforme apresentada na Tabela 2. Uma característica de qualidade é considerada crítica se: atende a vários itens da qualidade demandada; atende a itens da qualidade demandada que são muito importantes e/ou

mantém relações fortes com os itens da qualidade demandada. Um exemplo de Matriz da Qualidade é demonstrado na Figura 5.

Tabela 2. Escala da intensidade das relações

Peso	Relação
9	Muito importante
3	Moderada
1	Pouco Importante

[Fonte: Ribeiro, Echeveste e Danilevicz, 2001, pg.41]

Matriz da Qualidade		Características de Qualidade						Idi	Ei	Mi	IDi*
		Tempo de vida (carcaça)	Dureza da banda	Peso	Balanceamento	Design (projeto)	Desenho da banda				
Qualidade demandada	Durabilidade	9	3	9	9	6	3	20	0,5	1,0	14
	Economia de gasolina		3			3	3	5	1,0	1,0	5
	Segurança	9	6	3	9	9	9	30	0,5	1,0	21
	Livre de vibrações		6		9	3	3	20	1,5	1,5	30
Especificações		> 50000km	75 a 85 FckB	< 7,5 Kg	< 50g	200 a 240 h	90 horas				
IQj		31,5	36,3	18,9	58,5	37,8	33,6				
Dificuldade de atuação		1,0	1,5	1,0	1,5	0,5	1,0				
Análise Competitiva		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0				
IQj*		31,5	44,3	18,9	71,2	25,04	33,6				

Figura 5. Exemplo de Matriz da Qualidade

[Fonte: Ribeiro et al, 2001, pg. 42]

Conforme Ribeiro et al (2001), a importância das características de qualidade tem a seguinte fórmula:

$$\text{eq. 2. } IQ_j = \sum_{i=1} ID_i^* \times DQ_{ij}$$

Onde:

$IQ_j$  = importância das características de qualidade (importância técnica)

$ID_i^*$  = índice de importância corrigido da qualidade demandada

$DQ_{ij}$  = intensidade do relacionamento entre os itens da qualidade demandada e das

características de qualidade

Para o cálculo da priorização das características da qualidade segue-se a seguinte fórmula:

$$\text{eq. 3. } IQ_j^* = IQ_j \times \sqrt{D_j} \times \sqrt{B_j}$$

Onde:

$IQ_j^*$  = importância corrigida das características de qualidade

$IQ_j$  = importância das características de qualidade (importância técnica)

$D_j$  = avaliação da dificuldade de atuação

$B_j$  = avaliação da competitividade (*benchmark* técnico)

Este índice permite identificar quais são as características de qualidade que, caso desenvolvidas, terão um maior impacto sobre a satisfação dos clientes.

Para se proceder a análise da avaliação competitiva, tanto dos itens da qualidade demandada ( $M_i$ ), quanto das características de qualidade ( $B_j$ ) precisa-se fazer um *benchmark*, comparando o produto feito pela empresa com o da concorrência. Ribeiro et al (2001) nos dizem que é importante observar possíveis inconsistências entre a avaliação competitiva feita sobre as demandas de qualidade (*benchmark* comercial) e sobre as características de qualidade (*benchmark* técnico); caso ocorram, deve ser feita uma análise a fim de apurar se não há rigor excessivo na avaliação técnica ou na avaliação das preferências dos clientes. Para a avaliação estratégica é utilizada a escala mostrada na Tabela 3:

Tabela 3. Índice para avaliação estratégica

Peso	Relação
0,5	Importância Pequena
1,0	Importância Média
1,5	Importância Grande
2,0	Importância muito Grande

[Fonte: Ribeiro et al, 2001, pg.43]

Para se proceder a análise de avaliação da dificuldade de atuação, tanto da qualidade demandada, quanto das características de qualidade, deve-se seguir a escala da Tabela 4.

*Tabela 4. Índice para avaliação da dificuldade de atuação*

Peso	Relação
0,5	Muito difícil
1,0	Difícil
1,5	Moderada
2,0	Fácil

*[Fonte: Ribeiro et al, 2001, pg.43]*

A medida de dificuldade de atuação consiste em uma avaliação da dificuldade associada tanto à modificação de suas especificações (características de qualidade), quanto a sua relevância para os negócios da empresa (qualidade demandada), tendo em vista as metas gerenciais estabelecidas para o futuro.

### **2.3.3 Desdobramento dos Processos na Manufatura**

O desdobramento dos processos na manufatura nos permite, conforme Pires (2000), associar características de qualidade do produto final, priorizadas na Matriz da qualidade descrita na seção anterior, a parâmetros do processo ou características avaliadas durante o processo de manufatura. Este desdobramento auxilia na identificação dos parâmetros críticos do processo, de acordo com o ponto de vista da qualidade percebida pelos usuários.

Deve-se primeiramente listar todas as etapas constituintes do processo, para que nenhuma fique de fora, de preferência na ordem em que aparecem na linha de produção. A seguir listam-se os parâmetros do processo e as características de qualidade avaliadas em cada processo. A Matriz dos Processos é organizada posicionando os parâmetros e características dos processos nas linhas da Matriz e as características de qualidade dos produtos nas colunas, onde eles serão cruzados.

Um exemplo da Matriz dos Processos é apresentado na Figura 6.

Matriz do Processo		Características de qualidade									
		Tempo de vida (carcaça)	Dureza da banda	Peso	Balanceamento	Design (projeto)	Desenho da banda	Importância dos processos	Facilidade de atuação	Tempo de atuação	Priorização
Etapas do processo	IQj*	31,5	44,3	18,9	71,4	26,8	33,6	IPi	Fi	Ti	IPi*
	Desenv.produto	6	6	9			9	9,3	1,0	1,0	9,27
	Receb.MP	1						0,3	1,5	1,5	0,47
	Prep.compostos	3	9					4,9	1,0	1,0	4,98
	Emborrachamento	9		9	3			6,7	1,0	1,0	6,68
	Extrusão	3	3	9	3			6,1	1,0	1,0	6,12
	Confecção frisos	1						0,3	2,0	2,0	0,68

Figura 6. Exemplo de Matriz dos Processos

[Fonte: Ribeiro et al, 2001, pg. 51]

A avaliação do relacionamento permite identificar quais os processos que estão mais fortemente relacionados ao atendimento das características de qualidade e, por conseguinte, ao atendimento da qualidade demandada pelo cliente. O estabelecimento das relações é feito respondendo a seguinte pergunta: se o processo “x” for realizado perfeitamente, estará assegurado o atendimento das especificações para a característica da qualidade “y”? A resposta é atribuída usando-se a mesma escala da Tabela 3 mostrada anteriormente.

A avaliação da importância de cada parâmetro e característica da qualidade do processo sobre a qualidade demandada pelo usuário é realizada levando-se em consideração as relações estabelecidas no interior da Matriz e o índice de importância corrigido (IQj\*) das características de qualidade determinada na Matriz da Qualidade. A adequação dos processos à satisfação das características de qualidade conduz à melhoria da qualidade do produto final.

A importância dos parâmetros dos processos é calculada, segundo Ribeiro et al (2001), considerando a intensidade dos relacionamentos entre uma determinada etapa e as características de qualidade e a importância definida para as características de qualidade. A fórmula de cálculo é apresentada da seguinte forma:

$$\text{eq. 4. } IPi = \sum_{j=1} PQ_{ij} \times IQj^*$$

Onde:



$I_{pi}$  = importância do processo  $i$

$P_{qij}$  = intensidade do relacionamento entre o processo  $i$  e a característica de qualidade

$j$

$I_{Qj^*}$  = índice de importância corrigido das características de qualidade  $j$

A seguir todos os processos são avaliados com respeito à dificuldade ( $F_i$ ) e ao tempo necessário ( $T_i$ ) para implantar melhorias no processo. Esta avaliação pode ser feita utilizando as mesmas escalas apresentadas nas Tabelas 3 e 4.

A priorização dos processos é realizada a partir da consideração da importância dada ao processo em questão e dos aspectos práticos de sua implementação, ou seja, tempo e dificuldade de implantação de melhorias. Esta aferição é importante, pois poderemos desenvolver primeiramente processos que trarão um retorno mais rápido em termos de qualidade de produto final, conforme Ribeiro et al (2001). A fórmula utilizada para o cálculo da priorização dos parâmetros dos processos é a seguinte:

$$\text{eq. 5. } IP_{i^*} = IP_i \times \sqrt{F_i} \times \sqrt{T_i}$$

Onde:

$IP_{i^*}$  = importância corrigida dos processos

$IP_i$  = importância dos processos

$F_i$  = dificuldade de fazer modificações

$T_i$  = tempo necessário para modificações

## **2.4 Controle Estatístico do Processo (CEP)**

### **2.4.1 Introdução**

A História mostra que o controle de qualidade sempre foi feito dentro das indústrias e segundo Diniz (2001), o que vem evoluindo é a forma de executá-lo. Durante muito tempo foi realizado pela tradicional forma de inspeção, medindo e separando as peças boas das ruins. A partir de 1920 é que começou a desenvolver-se o Controle Estatístico da Qualidade, de forma a reduzir ao mínimo a quantidade de peças inspecionadas, criando-se o controle por amostragem.

Este controle por amostragem desenvolveu-se nos Estados Unidos e conforme Ribeiro e Caten (2001), “como resultado de avanços na tecnologia de medição e da aplicação industrial das cartas de controle, desenvolvidas pelo Dr. Walter A Shewhart, da empresa de telefonia *Bell Telephone Laboratories*. Shewart propôs o uso das cartas de controle para a

análise dos dados provenientes de amostragem, substituindo a mera detecção e correção de produtos defeituosos pelo estudo e prevenção dos problemas relacionados à qualidade, visando impedir que produtos defeituosos fossem produzidos”.

A propagação do Controle de Qualidade se efetuou mesmo depois da Segunda Guerra Mundial, quando os japoneses foram buscar inspiração nos modelos americanos e aprimoraram seus conceitos e aplicações. Pierozan (2001) diz que até meados de 1970, existiram muitos avanços nesta área, mas feitos por poucos pesquisadores, se comparados com outras áreas da estatística. As atividades de pesquisa cresceram a partir dos anos 80, muito devido à revolução da qualidade, que foi causado pelo comércio internacional.

*“O Controle Estatístico do Processo (CEP) é uma técnica estatística aplicada à produção que permite a redução sistemática da variabilidade nas características da qualidade de interesse, contribuindo para a melhoria da qualidade intrínseca, da produtividade, da confiabilidade e do custo do que está sendo produzido”* (CATEN, 1999 pg.57).

Segundo Caten (1999), sendo o CEP um sistema de inspeção por amostragem, que opera ao longo de todo o processo, ele tem por objetivo verificar a presença de causas especiais, que são causas não naturais ao processo e que podem prejudicar a qualidade do produto e, uma vez identificadas, pode-se atuar sobre elas, melhorando continuamente os processo de produção e, por conseguinte, a qualidade do produto final.

Hoje o CEP é a forma mais racional e garantida de se controlar a fabricação em série de peças boas. Deixa-se portanto de inspecionar as peças fabricadas e controla-se o processo, garantindo-se a fabricação de produtos com qualidade.

Montgomery (1990) diz que “não conseguimos inspecionar ou testar qualidade em todos os produtos; o produto deve ser construído corretamente na primeira vez. Isso implica que o processo de manufatura deve ser estável e que todos os indivíduos envolvidos com o processo (incluindo operadores, engenheiros, pessoas envolvidas com o controle da qualidade e gerenciamento) devem ser continuamente aperfeiçoados para aumentar a *performance* do processo e reduzir a variabilidade dos parâmetros principais”.

Pierozan (2001) diz que segundo uma pesquisa realizada com os leitores da *Quality Magazine*, muitas empresas que tentaram implantar o CEP puro e simples não obtiveram muitas vantagens. O CEP é, antes de tudo, um modo de pensar, com algumas ferramentas anexadas. Não se pode simplesmente implementar um modo de pensar, é preciso praticá-lo. Conforme Silva e Ferreira (2000), 60% das pequenas empresas e 70% das médias não praticam o CEP, além de que algumas empresas interpretam erroneamente o CEP como

inspeção. Elas procuram melhorar índices de qualidade através da inspeção.

O principal objetivo do CEP é possibilitar um controle eficaz da qualidade, feito pelo próprio operador em tempo real, onde esta atuação libera a gerência das tarefas de melhoria e aumenta o comprometimento do trabalhador com a produção e com a própria empresa.

Conforme Ribeiro e Caten (2001), “o CEP possibilita o monitoramento das características de interesse, assegurando que elas irão se manter dentro de limites pré-estabelecidos e indicando quando devem ser tomadas ações de correção e melhoria, além de aumentar a capacidade dos processos, reduzindo refugo e retrabalho e, conseqüentemente, o custo da má qualidade”.

#### ***2.4.2 Sistema de controle do processo para garantia de controle de qualidade***

Como no CEP o monitoramento do processo pode ser executado pelos próprios operadores, o que possibilita uma rápida identificação de defeitos e maior previsibilidade do processo, pode-se observar que esta análise do processo é peça fundamental para sua implantação.

Um processo é uma série sistemática de ações, que combinam equipamentos, insumos, métodos ou procedimentos, condições ambientais, pessoas e informações do processo ou medidas, tendo como objetivo a fabricação de um bem ou o fornecimento de um serviço. (JURAN, 1995; WERKEMA, 1995). Para Juran, um processo deve ser:

- Direcionado em função de uma meta: para planejarmos para a qualidade devemos antes estabelecer as metas e padrões de qualidade que estamos tentando alcançar;
- Sistemático: as ações que constituem um processo estão todas interligadas e são interdependentes;
- Capaz: o resultado final adequado do planejamento é um processo capaz de atender às metas sob condições de operações normais;
- Legítimo: o processo se desenvolve através de canais autorizados.

Werkema (1995) afirma que para que seja possível controlar um processo, a primeira tarefa consiste na identificação de seus clientes, que podem ser internos ou externos, os quais deverão ter suas necessidades satisfeitas. Após esta identificação, o próximo passo será a identificação dos produtos que lhes serão entregues.

Logo após a identificação do produto, deverão ser estabelecidas as características da qualidade do mesmo que são necessárias ao cliente, onde, para se garantir esta qualidade, deve-se transformar estas características em grandezas mensuráveis, as quais chamamos de



itens de controle, por meio do qual um processo é monitorado e gerenciado.

Caten (1999) diz que o controle da qualidade depende de quatro elementos fundamentais, que constituem um sistema de controle do processo e que são mostrados a seguir:

1) **O processo em si:** como já mencionado acima, é uma combinação de equipamentos, insumos, métodos, procedimentos e pessoas, tendo como objetivo a fabricação de um bem ou o fornecimento de um serviço. O desempenho de um processo depende da maneira como ele foi projetado e construído e da maneira como ele é operado. O restante do sistema é útil na medida em que contribui para melhorar o desempenho do processo.

2) **Informações sobre o processo:** são obtidas a partir do estudo cruzado da qualidade das características do produto final com a qualidade das características intermediárias e com o ajuste dos parâmetros do processo. As informações sobre o processo são úteis para orientar as ações de melhoria. Se não se pretende agir sobre o processo, coletar informações é inútil e dispendioso.

3) **Ações sobre o processo:** a coleta de dados e as ações ao longo do processo são orientadas para o futuro, pois permitem detectar o defeito assim que ele é gerado, possibilitando a atuação sobre o processo no momento e local adequado. Essas ações podem envolver: controle sobre as matérias-primas, ajuste nos parâmetros do processo, manutenção periódica, treinamento de operadores. Corrigindo-se o processo, evita-se que novas peças defeituosas sejam produzidas.

4) **Ações sobre o produto final:** as inspeções sobre o produto final são orientadas para o passado, pois elas permitem apenas separar o produto conforme do produto não-conforme (refugo) que pode eventualmente ser retrabalhado. As inspeções tem algumas vantagens, pois impedem que produtos defeituosos cheguem ao cliente, mas não são uma forma eficiente de ação. Agir sobre o processo é mais eficaz, pois impede que novas peças defeituosas sejam produzidas.

É importante a definição de desempenho do processo, que é o que o processo *faz de fato*; a capacidade do processo é o que o processo *poderia fazer* se removêssemos as causas significativas do mau desempenho. O ideal seria que as metas fossem baseadas nas capacidades dos processos, onde os projetos deveriam ser empreendidos para melhorar estes processos de forma que seus desempenhos coincidisse com suas capacidades.

Nas últimas décadas uma forte tendência desenvolveu-se, que é a de quantificar a capacidade do processo e de padronizar os métodos de avaliação quantitativa para que eles

possam ser usados para expressar a capacidade de uma ampla variedade de processos. Sendo assim, podemos observar que os dados representam a base para a tomada de decisões confiáveis durante a análise de qualquer problema.

No Controle de qualidade, os dados representam a base para a tomada de decisões confiáveis e para a adoção das ações mais apropriadas frente a uma determinada situação que esteja sendo analisada. Existem dois tipos de dados:

1)Dados discretos: são aqueles resultantes quando o número de ocorrências de uma característica particular de interesse (atributo) é contado;

2)Dados contínuos: são aqueles medidos em escala contínua.

A importância da correta coleta dos dados se faz no momento em que se sintetiza as informações que elas contenham, pois os dados precisam exprimir ao observador conclusões corretas do que foi coletado. A observação de uma amostra pode ser uma variável quantitativa como o peso, a idade, etc; ou pode ser um atributo qualitativo como a cor, a forma, etc.

Pierozan (2001) mostra que a determinação da frequência e do tamanho da amostragem depende da intenção da empresa na detecção das mudanças no processo. Sabe-se que, do ponto de vista das informações estatísticas, o ideal é coletar freqüentemente amostras de tamanho grande. Entretanto, restrições financeiras e de tempo exigem que se otimize a coleta dos dados. Se são pretendidas detectar pequenas mudanças no processo, Montgomery (1985), sugere coletar grandes amostras, em períodos de tempo maior. Caso o interesse seja em detectar grandes mudanças, o ideal é coletar pequenas amostras mais freqüentemente.

### **2.4.3 Variabilidade dos processos**

A variabilidade, também denominada variação ou dispersão, está presente em todos os processos de produção de bens e serviços. De modo geral, podemos dizer que a variabilidade é o resultado de alterações nas condições sob as quais as observações são tomadas. Estas alterações podem refletir diferenças entre matérias-primas, as condições dos equipamentos, os métodos de trabalho, as condições ambientais e os operadores envolvidos no processo considerado.

Werkema (1995) diz que é fácil perceber que no processo de fabricação de um produto atuam diversos fatores que afetam suas características de qualidade e, sendo assim, o processo pode ser visualizado como um conjunto de causas de variação. Estas causas provocam as mudanças nas diversas características de qualidade dos produtos, o que poderá dar origem aos produtos defeituosos.

Para que seja possível reduzir a variabilidade dos processos temos que identificar através da coleta, do processamento e da disposição dos dados, as causas fundamentais de variação, para depois analisá-las e bloqueá-las.

Werkema (1995) distingue os dois tipos de causas que atuam para a variação na qualidade dos produtos provenientes de um processo:

- Causas Comuns ou aleatórias: também conhecida como variabilidade natural ou intrínseca do processo, é inerente ao processo considerado e estará presente mesmo que todas as operações sejam executadas empregando métodos padronizados. Quando apenas as causas comuns estão atuando em um processo, a quantidade de variabilidade se mantém em uma faixa estável e sendo assim, podemos dizer que o processo está sob controle estatístico, apresentando um comportamento estável e previsível (as medidas individuais são todas diferentes entre si, mas quando agrupadas tendem a formar um certo padrão).
- Causas especiais: surgem esporadicamente, devido a uma situação particular que faz com que o processo se comporte de um modo diferente do usual, o que pode resultar em um deslocamento do seu nível de qualidade. Quando um processo está operando sob a atuação de causas especiais dizemos que ele está fora de controle estatístico e neste caso, sua variabilidade geralmente é bem maior do que a variabilidade natural. Exemplos comuns: utilização não apropriada das máquinas, erros dos operadores ou matérias-primas defeituosas. Elas reduzem o desempenho do processo e devem ser identificadas e neutralizadas, pois sua correção se justifica economicamente.

Ribeiro e Caten (2001) dizem que as causas comuns, em geral, só podem ser resolvidas por uma ação global sobre o sistema, e muitas vezes a atuação sobre elas não se justifica economicamente. Os operadores estão em boa posição para identificá-las, mas a sua correção exige decisão gerencial. Já as causas especiais geralmente são corrigidas por ação local e, por isso, são de responsabilidade dos operadores, apesar da gerência estar em melhor posição para resolvê-las.

A meta de um sistema de controle do processo é permitir que sejam realizadas decisões corretas referentes a quando agir sobre o processo, pois tanto o excesso de ação quanto a sua falta são prejudiciais. Deste modo, a função do CEP é fornecer um sinal estatístico sempre que causas especiais estejam presentes, de forma que ações corretivas possam ser disparadas.

#### 2.4.4 *Análise do Sistema de Medição*

O sistema de medição utilizado é fundamental para que o desempenho do processo esteja adequado, pois o mesmo depende da validade destes dados. Ao se analisar o sistema de medição, é necessário se deter em sua discriminação, ou seja, na sua capacidade de detectar mesmo pequenas mudanças nas características em estudo. As Cartas de Controle para médias e para amplitude revelam a força de discriminação (número de categorias de dados que podem ser identificadas) do sistema de medição. Conforme Ribeiro e Caten (2001), os sistemas de medição podem ser avaliados quanto à estabilidade, tendência, linearidade, repetitibilidade e reprodutibilidade. Os mesmos autores explicam a seguir a definição de cada item.

1)Estabilidade: refere-se ao seu desempenho ao longo do tempo. Em geral, a estabilidade não é quantificada, mas ela pode ser avaliada usando-se Cartas de controle. Uma peça padrão é medida ao longo do tempo e sua leitura deveria ser sempre a mesma, mas não é isto que acontece, devido à variabilidade do próprio processo de medição. Quando plotam-se estes dados em uma Carta de Controle, e estes saem para fora dos limites de controle, temos uma falta de estabilidade no sistema de medição.

2)Tendência: é definida como a diferença entre a média observada e o valor de referência, onde a primeira é a média de um conjunto de leituras feitas ou pelo conjunto dispositivo ou pelo operador que queremos avaliar, e a segunda é o valor supostamente correto, obtido, por exemplo, em um laboratório de metrologia.

3)Linearidade: é a verificação do desempenho de um dispositivo de medição ao longo de toda a sua faixa de uso. Para se fazer este estudo, é preciso utilizar várias peças cujos valores de referência contemplem a faixa de uso do dispositivo. Deste modo, se efetuam medições sobre cada peça e registra-se a tendência observada, através de um estudo de regressão, se a tendência é função do valor de referência.

4)Repetitibilidade (ou variação do dispositivo): é observada quando um mesmo operador mede a mesma peça mais de uma vez. É obtida através da fórmula mostrada abaixo, que compreende um intervalo que abrange 99% da variação esperada para uma distribuição normal.

$$\text{eq. 6. } VE = 5,15 \sigma$$

5)Reprodutibilidade: refere-se a diferenças que podem existir entre as medidas de diferentes operadores, em geral resultado de procedimentos específicos adotados por cada um. Para estimar esta variabilidade, determina-se a média para cada operador e em seguida,

calcula-se a amplitude, subtraindo-se a menor média da maior. A fórmula para a reprodutibilidade ajustada e o desvio padrão ajustado são demonstradas a seguir e também abrange 99% da variação esperada para uma distribuição normal.

$$\text{eq. 7. } \sqrt{(5,15 \times R_o/d^2)^2 - (5,15 \times \sigma_e)^2/nr}$$

$$\text{eq. 8. } \sigma_o = VO/5,15$$

Depois de conhecida a variabilidade devido a repetitibilidade (equipamento) e a reprodutibilidade (operador), a variabilidade do sistema de medição é calculada como:

$$\text{eq. 9. } R\&R = \sqrt{VE^2 + VO^2}$$

Muitas empresas utilizam os procedimentos de garantia de repetitibilidade e reprodutibilidade para controlar o sistema de medição utilizado no ambiente de produção. Mas Ludwig (2001) diz que o estudo do R&R não é suficiente para a empresa ir de encontro aos padrões de qualidade a nível mundial. Para o autor, o R&R somente fala sobre as propriedades estatísticas da repetitibilidade e reprodutibilidade e revela a capacidade das garantias e utilizações e não sobre as propriedades estatísticas de como um sistema de medição completo é utilizado na prática. É necessário então, segundo ele, se alinhar todos os estudos descritos acima, pois sem todos eles o R&R tornam-se meras descrições dos dados obtidos durante o estudo e não trazem indicações sobre os desempenhos futuros.

A variação peça-a peça é obtida com a seguinte fórmula:

$$\text{eq. 10. } VP = 5,15 \times \sigma_p$$

A variação total do processo é obtida com a seguinte fórmula:

$$\text{eq. 11. } VT = \sqrt{R\&R^2 + VP^2}$$

E para se avaliar o sistema de medição, temos a fórmula:

$$\text{eq. 12. } R\&R \% = 100 \times R\&R / VT$$

Quando este percentual é baixo, inferior a 20%, o sistema de medição tem bom poder discriminatório, ou seja, discrimina entre peças boas e ruins.

#### **2.4.5 Cartas de controle**

A Carta de controle do processo permite identificar, conforme Pires (2000), o comportamento do processo ao longo do tempo e detectar a incidência de causas especiais, permitindo delinear ações que previnam e bloqueiem sua reincidência. Elas podem ser classificadas em dois tipos: as que permitem o monitoramento de variáveis (características de qualidade expressa em valores contínuos) ou as que permitem o controle de atributos

(características de qualidade expressas como presença ou ausência do atributo) que determinam o desempenho do processo.

A utilização das cartas de controle de processo apresenta vantagens como: prevenir a incidência de defeitos, evitar ajustes desnecessários no processo, proporcionar aumentos de produtividade e fornecer um diagnóstico atual dos processos.

Shingo (1996b) diz que as cartas de controle determinam dois tipos de limites:

a) limites-padrão ou de especificação, os quais especificam o intervalo de erro aceitável permitido para os produtos;

b) limites de controle, os quais especificam a amplitude das variações na qualidade que surgem no estágio de processamento.

Deming (1990) ressalta a importância de se diferenciar limites de controle dos limites de especificação. Uma vez alcançado o estado de controle estatístico, os limites de controle definem como é o processo e prevêm seu comportamento no futuro, enquanto que os limites de especificação são arbitrários, independem do processo.

As Cartas de controle utilizam como dados de entrada medições realizadas de uma característica de qualidade ou parâmetro do processo que influencie na qualidade dos produtos fabricados. As medições são realizadas em pontos espaçados de tempo e registradas graficamente nas cartas, sendo então comparadas contra limites de controle.

Montgomery (1990) diz que o Teorema do Limite Central estabelece que a soma (e por conseguinte, a média) de um grande número ( $n$ ) de variáveis aleatórias independentes apresenta uma distribuição aproximadamente Normal, independente da distribuição de probabilidade dos valores individuais. O Teorema do Limite Central apresenta dois condicionantes: todas as variáveis aleatórias consideradas devem seguir uma mesma distribuição (qualquer) de probabilidade; a medida em que a distribuição das variáveis aleatórias consideradas torna-se mais assimétrica, o valor de  $n$  aumenta. A Figura 7 exemplifica um Gráfico de Distribuição Normal com média 28,4 e desvio padrão 0,20.

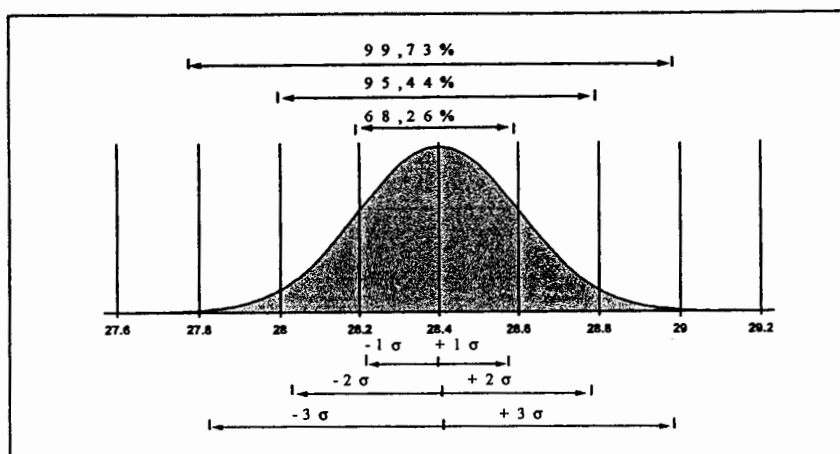


Figura 7. Exemplo de uma Distribuição Normal: percentuais associados a faixa de  $\pm 1$ ,  $\pm 2\sigma$ ,  $\pm 3\sigma$ , da média de uma distribuição normal com média 28,4 e  $\sigma = 0,20$ .

[Fonte: Ribeiro e Caten, 2001, pg. 50]

Segundo Diniz (2001), as Cartas de controle tradicionais monitoram a média que, segundo o Teorema do limite central seguem a Distribuição Normal. Os itens de uma Distribuição normal de média  $\mu$  e desvio-padrão  $\sigma$  se distribuem em torno da média nas seguintes proporções aproximadas:

- 68% dos valores no intervalo  $\mu \pm \sigma$ ;
- 95% dos valores no intervalo  $\mu \pm 2\sigma$ ;
- 99,7% dos valores no intervalo  $\mu \pm 3\sigma$ ;

No CEP, a faixa de variabilidade usada é  $\mu \pm 3\sigma$ , significando que diferenças entre um valor observado e a média, maiores do que  $\pm 3\sigma$  apresentam probabilidade de ocorrência de apenas 0,27%. Se a variabilidade se torna anormal, os dados das amostras se modificam sensivelmente indicando que o processo está fora de controle.

Para a construção de uma Carta de controle segue-se o seguinte procedimento:

- coleta-se amostras (entre 20 ou 30) durante o processo em intervalos regulares;
- em abscissas, marca-se os números das amostras seguindo-se a ordem cronológica das coletas;
- em ordenadas, marca-se as médias dos valores das características da qualidade.

Calcula-se a média e o desvio padrão das médias dos valores das características de qualidade e então os limites de controle poderão ser definidos. Espera-se que os pontos estejam distribuídos aleatoriamente entre os limites superior e inferior. Estes limites são utilizados nos cálculos dos índices de capacidade, os quais preocupam-se em garantir que os

produtos inspecionados atendam individualmente às especificações. Caso sejam detectados pontos fora dos limites de controle é possível que causas especiais estejam atuando sobre o processo. Neste caso, é necessário que sejam identificadas as causas dos desvios e corrigidas, assegurando-se que as mesmas não ocorram mais, melhorando assim, continuamente o processo. Deve-se então retirar as amostras que estejam fora dos limites de controle e recalcular os limites de controle. Este processo deve acontecer no início, pois os limites de controle devem estar associados apenas às causas comuns de variabilidade. Mas estes pontos são eliminados somente do cálculo dos limites de controle, mas não dos gráficos de controle.

A presença de eventuais padrões na sequência de pontos em uma Carta de controle pode disparar uma ação sobre o sistema antes mesmo que este apresente pontos fora dos limites de controle. O problema é reconhecer padrões sistemáticos ou não aleatórios na Carta e identificar a razão de tal comportamento.

A Figura 8 mostra um exemplo de uma Carta de controle.

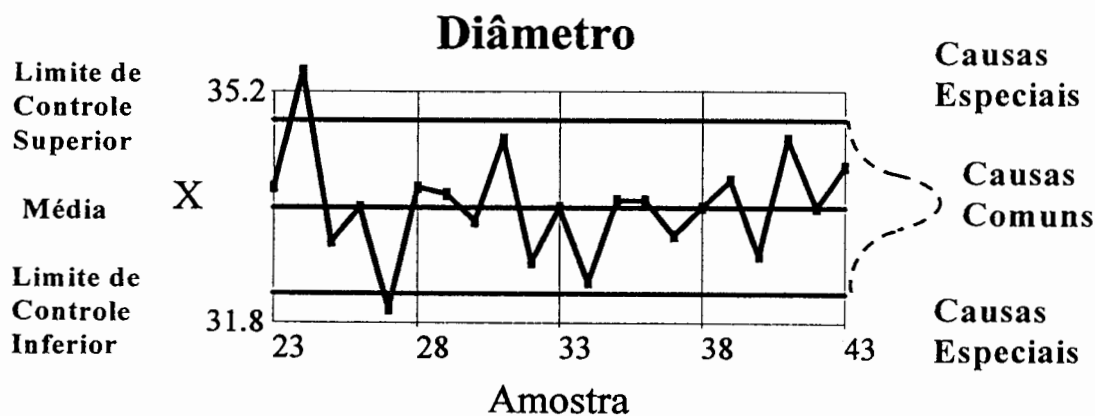


Figura 8. Exemplo de Carta de Controle

[Fonte: Ribeiro e Caten, 2001, pg.10]

Abaixo estão demonstradas todas as fórmulas utilizadas para se efetuar uma Carta de controle para médias:

$$\text{eq. 13. } \bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_k}{k}$$

$$\text{eq. 14. } \bar{x} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_k}{k}$$

$$\text{eq. 15. } LCS = \bar{x} + A_2 \bar{R}$$

$$\text{eq. 16. } LCI = \bar{x} - A_2 \bar{R}$$



$$\text{eq. 17. } LCS = D_4 \bar{R}$$

$$\text{eq. 18. } LCI = D_3 \bar{R}$$

Depois de se calcular a média e a amplitude das amostras, calcula-se a média da amplitude, de acordo com a equação 13; a média das médias, conforme a equação 14, onde  $\bar{x}_i$  e  $R_i$  representam a média e a amplitude da  $i^{\text{ésima}}$  amostra e  $k$  o número total de amostras.

Uma vez determinados  $\bar{\bar{x}}$  e  $\bar{R}$ , calculam-se os limites de controle para as médias (equação 15 e 16). Os limites correspondem a seis desvios-padrão, medidos a partir de  $\bar{\bar{x}}$ ; mediante suposição de médias normalmente distribuídas, os limites de controle compreendem 99,73% dos valores de médias amostrais.

As equações 17 e 18 mostram os limites de controle para a amplitude. Os valores  $A_2$ ,  $D_3$  e  $D_4$  são constantes e dependem do tamanho da amostra.

No fluxograma mostrado na Figura 9 estão exibidos todos os tipos existentes de Cartas de controle que podem ser utilizados para se implantar o CEP e quais são as mais indicadas para cada caso. Acima, foram demonstrados todos os procedimentos que devem ser adotados para se fazer uma Carta de controle para Variáveis, especificamente uma Carta de controle para médias. De acordo com cada caso, se escolhe o tipo de Carta mais recomendado, que ainda podem ser a Carta de controle para o desvio-padrão, para a mediana e amplitude, para médias móveis e a Carta de controle para valores individuais, onde esta última também possui constantes que dependem do tamanho da amostra. Depois do fluxograma serão exemplificadas as Cartas de controle para atributos.

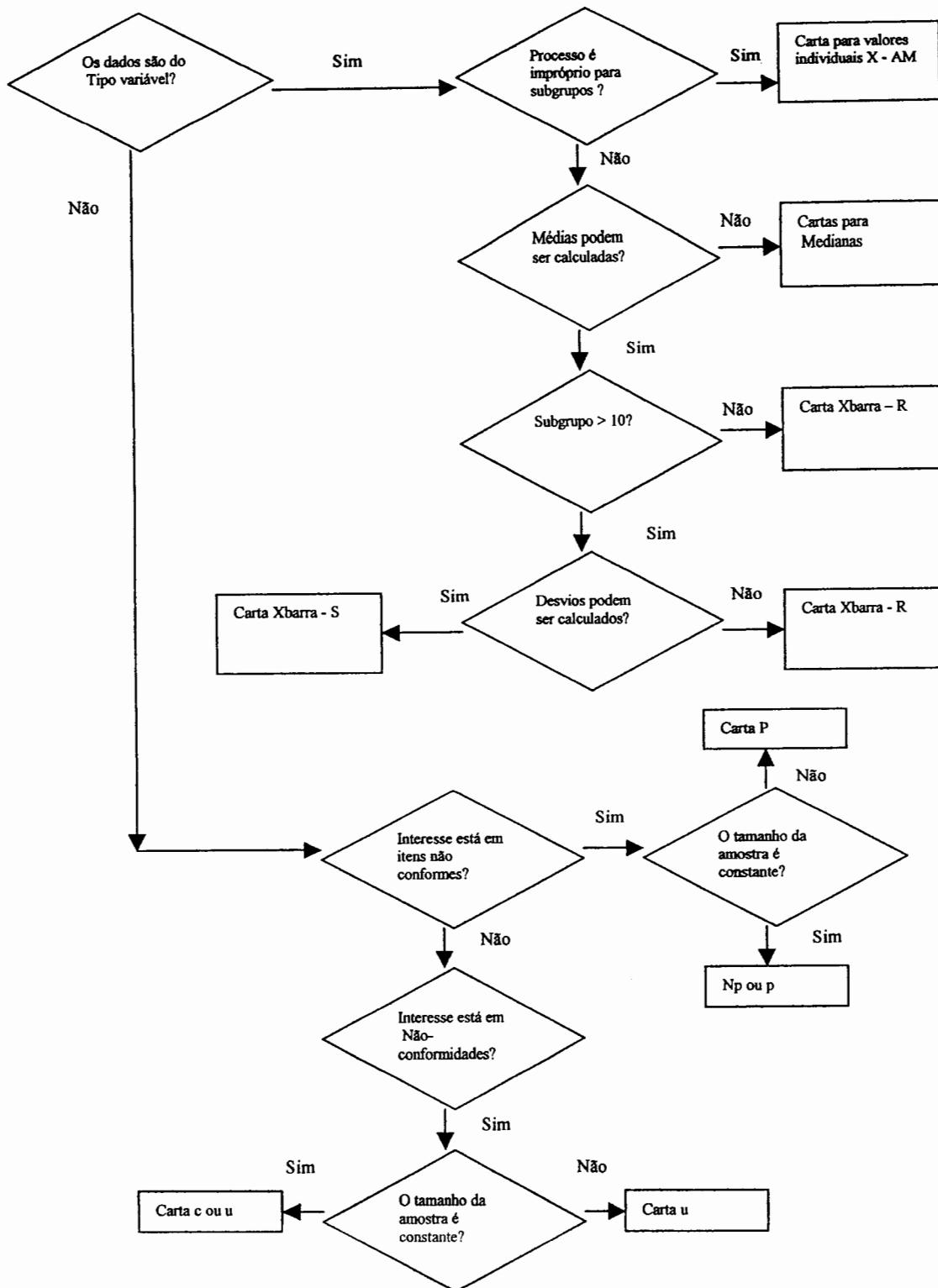


Figura 9. Fluxograma de apoio para escolha das cartas de controle

[Fonte: Ribeiro e Caten (2000)]

Existem quatro tipos de carta de atributos:

- a) carta  $p$  para % de não-conformes (as amostras podem ser de tamanhos diferentes);
- b) carta  $np$  para número de unidades não-conformes (as amostras devem ter o mesmo tamanho);
- c) carta  $c$  para número de não-conformidades (as amostras devem ser do mesmo tamanho);
- d) carta  $u$  para número de não-conformidades por unidade (as amostras podem ser de tamanhos diferentes).

Os dois primeiros tipos de cartas servem para demonstrar o número de peças defeituosas existentes no processo produtivo e os dois últimos tipos mostram o número de defeitos existentes nas peças fabricadas.

Ribeiro e Caten (2001) dizem que as Cartas de atributo exigem subgrupos de tamanho considerável (em geral, 50 a 200 unidades ou mais) para serem eficientes na detecção de alterações no processo. Para cada subgrupo, anota-se os valores:

$n$  = número de itens inspecionados

$d$  = número de itens defeituosos (não-conformes)

E então calcula-se:

$P = d/n$

O % médio de não-conformes é calculado da seguinte forma:

$$\text{eq. 19. } \bar{p} = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k}$$

$$\text{eq. 20. } \sigma_p = \sqrt{\bar{p}(1 - \bar{p}) / n_i}$$

E os limites de controle são encontrados através da seguinte forma:

$$\text{eq. 21. } \text{LCS} = \bar{p} + 3 \sigma_p$$

$$\text{eq. 22. } \text{LCI} = \bar{p} - 3 \sigma_p$$

A Figura 10 mostra um exemplo de Carta de Controle para Atributos do tipo  $p$ .

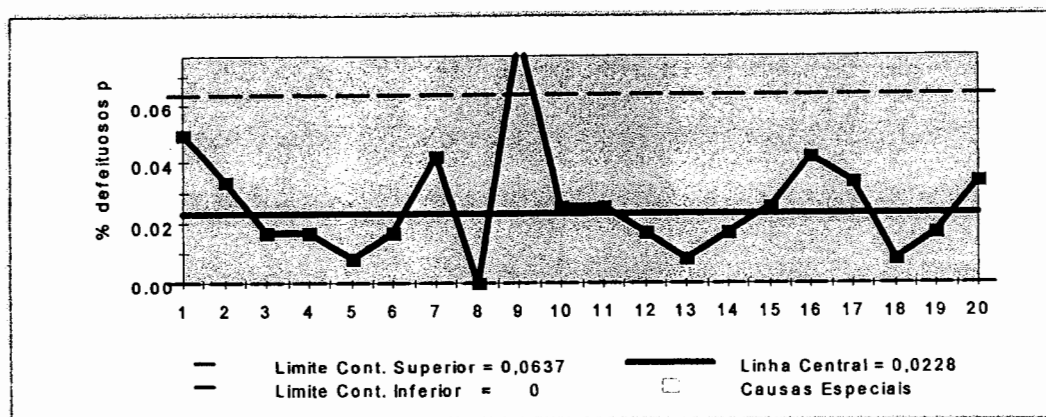


Figura 10. Exemplo de uma Carta de Controle para Atributos tipo p

[Fonte: Ribeiro e Caten (2001)]

#### 2.4.6 Estabilidade do processo

Ribeiro e Caten (2001) dizem que todo processo apresenta variabilidade, que podem ser constatadas através da análise das Cartas de controle obtidas para as características de qualidade. A presença de causas especiais resulta em instabilidade operacional e deste modo, são esperados pontos fora dos limites de controle ou padrões não-aleatórios na seqüência de pontos na Carta. Por isto, as causas especiais devem ser identificadas e removidas para redução da variabilidade do processo. Se apenas causas comuns estiverem presentes, o processo é considerado estável, sendo que a totalidade dos pontos plotados na carta devem se localizar dentro dos limites de controle.

“O gráfico de médias monitora a variabilidade entre as médias amostrais ao longo do tempo e o gráfico de amplitude monitora a variabilidade dentro da amostra, ou seja, a variabilidade em um determinado período de tempo” (Ribeiro e Caten, 2001, pg. 39). Por isto a importância de sempre se fazer os dois gráficos.

Quando todas as amostras estão dentro dos limites de controle, conclui-se que os parâmetros do processo (média e amplitude) permanecem os mesmos. Caso apareça uma amostra fora dos limites de controle, a probabilidade desta amostra pertencer a este processo é muito pequena (0,27%), logo deve-se investigar a presença de causas especiais.

Os padrões não-aleatórios citados abaixo também indicam a presença de causas especiais:

- a) a ocorrência de 7 (sete) pontos acima ou abaixo da linha central;

b) a ocorrência de 7 (sete) pontos em seqüência ascendente ou descendente.

#### 2.4.7 Capacidade do processo

Ribeiro e Caten (2001) dizem que o estudo de capacidade dos processos reflete a capacidade que o processo tem de produzir os produtos de acordo com as especificações dos clientes, além de otimizar a produtividade e qualidade, determinar os novos padrões de tolerância e comparar o desempenho de diferentes equipamentos.

A capacidade do processo só pode ser avaliada depois de assegurado que o processo encontra-se em controle estatístico, ou seja, depois de assegurado que não existem causas especiais atuando sobre ele. Mesmo que um processo esteja com variabilidade controlada (estabilizado), assim mesmo pode ser que a variabilidade seja muito grande e, neste caso, esta variabilidade é devida às causas comuns.

Conforme Ribeiro e Caten (2001), os índices de capacidade mais usados quando o processo segue a Distribuição Normal são o  $C_p$  e  $C_{pk}$ . O  $C_p$  é utilizado quando é possível assumir que o processo está centrado no valor médio, uma vez que o cálculo de  $C_p$  leva em consideração apenas as especificações do processo e sua variabilidade. Assim conclui-se que  $C_p$  mede a capacidade potencial do processo. Por sua vez, o  $C_{pk}$  pode ser interpretado como uma medida da capacidade real do processo. Quanto um processo estiver centrado na média, os valores de  $C_p$  e  $C_{pk}$  deverão ser iguais. As fórmulas dos índices estão exemplificadas nas equações 23 e 24.

$$\text{eq. 23. } C_p = \frac{LES - LEI}{6\sigma} = \frac{\text{Especificações}}{\text{dispersão}}$$

$$\text{eq. 24. } C_{pk} = \min \left\{ \frac{LES - \bar{X}}{3\sigma}, \frac{\bar{X} - LEI}{3\sigma} \right\}$$

A Figura 11 mostra a comparação das magnitudes de  $C_p$  e  $C_{pk}$ .

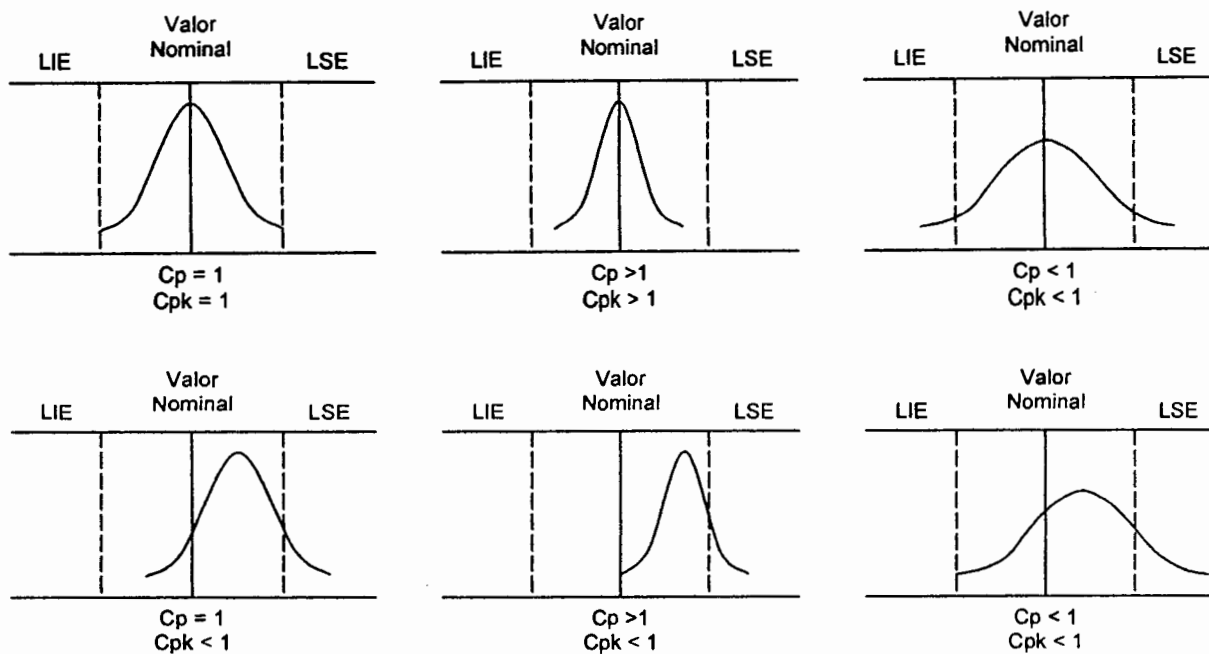


Figura 11. Comparação das magnitudes de  $C_p$  e  $C_{pk}$

[Fonte: Montgomery, 1990 apud Pierozan, 2001]

A capacidade do processo é definida a partir da faixa  $\mu \pm 3\sigma$  (faixa característica do processo). Se o processo estiver sob controle e se for verdadeira a suposição de que o processo segue a Distribuição Normal, 99,73% dos valores da variável de interesse devem pertencer a esta faixa. As fórmulas para o cálculo dos limites naturais do processo são mostradas abaixo:

$$\text{eq. 25. LNI} = \mu - 3\sigma$$

$$\text{eq. 26. LNS} = \mu + 3\sigma$$

Onde: LNI é o limite inferior e LNS é o superior.

Conforme Ribeiro e Caten (2001), seja LES o limite superior de especificação e LEI o limite inferior de uma dada característica de qualidade. Se a variabilidade natural ( $6\sigma$ ) é menor do que a amplitude das especificações ( $LES - LEI$ ), então o processo é potencialmente capaz de atender às especificações do cliente. A situação oposta,  $6\sigma > (LES - LEI)$  caracteriza um processo não capaz de atender às especificações do cliente.

Dependendo da situação do processo, algumas medidas devem ser tomadas. Se o processo estiver apresentando  $C_{pk} < 1,0$ , é porque a proporção de itens não-conformes é grande. Processos nestas condições (estáveis, mas não capazes) exigem ações gerenciais. Os aspectos que podem ser revistos neste caso são o treinamento de pessoal, revisão de procedimentos, revisão do ajuste de parâmetros, melhoria na matéria-prima, manutenção e

troca de equipamentos. A Figura 12 mostra exemplo de um processo estável ao longo do tempo, que dependendo das especificações pode ou não ser capaz.

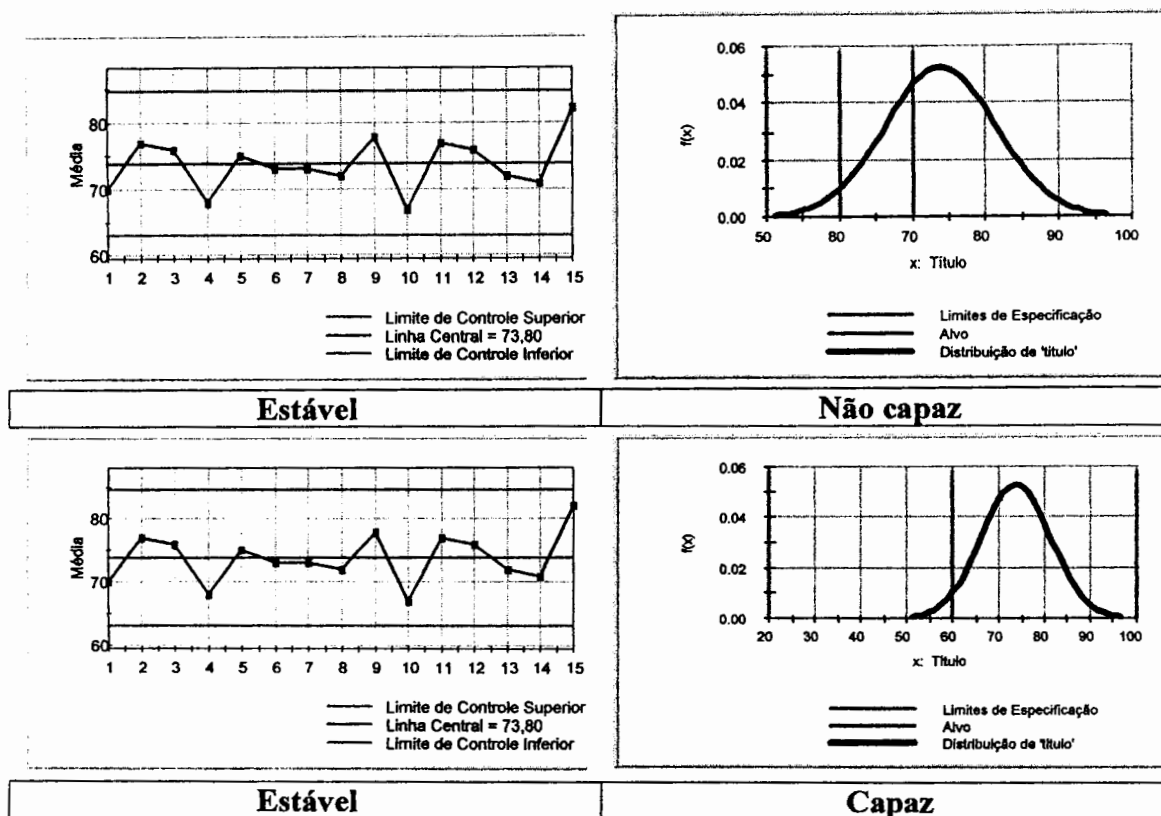


Figura 12. Processo capaz e não-capaz dependendo das especificações

[Fonte: Ribeiro e Caten, 2001, pg.42]

Pires (2000) diz que algumas indústrias utilizam como parâmetro desejado de qualidade um  $Cpk > 1,33$ , correspondente a uma proporção de defeituosos de 0,00633%. No geral, o índice  $Cpk > 1,0$  é a condição necessária para que o percentual de defeituosos seja pequeno (ou seja, menor que 0,27%). Com  $Cpk > 1,0$ , se os processos em estudo apresentarem características de qualidade normalmente distribuídas, estas estarão centradas em seus valores de média, com desvio-padrão conhecido e o processo será considerado capaz. Como os limites de especificação e os limites de variabilidade natural do processo coincidem, o monitoramento do processo através de cartas de controle é fundamental para que seja mantido o bom desempenho e para que se obtenha continuidade nas melhorias.

No caso de atributos, a capacidade pode ser expressa como a porcentagem de produtos conformes que o processo produz. Outra alternativa é a comparação do percentual de não-conformes com as expectativas das metas gerenciais, através de um índice de capacidade

$C_p$ .

$$\text{eq. 27. } C_p = \frac{p \text{ meta}}{\bar{p}}$$

Onde o  $p \text{ meta}$  é o percentual meta de defeituosos pré-estabelecidos e  $\bar{p}$  é o percentual de defeitos médio do processo. Caso  $C_p < 1,0$ , a gerência deve agir sobre o sistema. A ação sobre as causas comuns é mais difícil e, em geral, requer maior mobilização de recursos. Após a ação sobre o sistema, os limites de controle devem ser recalculados, pois espera-se que sua variabilidade natural tenha sido reduzida.

#### 2.4.8 A Função da Perda Quadrática

A abordagem tradicional de qualidade está vinculada com a idéia de atender prontamente às especificações exigidas tanto pelos clientes, quanto pelo processo. Por isto, se considera que se os produtos estiverem dentro das especificações exigidas ele é considerado um produto bom, e se não estiver dentro das especificações é considerado defeituoso.

Conforme Ribeiro e Caten (2001), Taguchi redefiniu a qualidade de maneira diferente. Para ele, a qualidade, ou melhor, a falta dela, pode ser avaliada através da perda imposta por um produto à sociedade e para ele a função da perda serve para avaliar o processo e não as especificações, conforme a abordagem tradicional.

Para Taguchi, os procedimentos de melhoria irão continuar até que se atinja a perfeição, ou seja, o processo esteja centrado e com variabilidade zero, ao contrário da abordagem tradicional, que os procedimentos de melhoria acabam quando se atinge a condição de produzir todas as peças dentro das especificações.

A função de perda pode ser encontrada conforme a equação demonstrada a seguir:

$$\text{eq. 28. } L_i = k (y_i - m)^2$$

Onde:

$L_i$  = perda financeira, associada com o desvio da meta, para a unidade  $i$ ;

$y_i$  = valor medido na unidade  $i$  para a característica de qualidade em estudo;

$m$  = meta para a respectiva característica de qualidade;

$k$  = coeficiente de perda da qualidade, que converte o desvio do alvo em R\$.

Segundo Ribeiro e Caten (2001), para se determinar o valor de  $k$ , é necessário se conhecer a perda associada a um certo valor da característica de qualidade  $y$ . Normalmente utiliza-se o custo de reparo ou substituição.



$$\text{eq. 29. } k = A_0 / \Delta^2$$

Onde:

$A_0$  = custo de reparo ou substituição do produto;

$\Delta^2$  = desvio da meta que exigiria reparo ou substituição.

Com as fórmulas a seguir pode-se encontrar a perda para um lote de produtos, que será a perda média por unidade de um lote de produtos:

$$\text{eq. 30. } L = \{(\bar{y} - m)^2 + s^2\}$$

Deste modo, conhecendo-se  $k$  e  $m$  (coeficiente de perda e meta), basta computar a média e o desvio-padrão de um lote para estimar a perda média por unidade. A equação mostra que há duas parcelas que contribuem para a perda de qualidade, que são:

$(\bar{y} - m)^2$  = desvio da meta;

$s$  = dispersão (falta de homogeneidade).

Conforme Ribeiro e Caten (2001, pg. 93), “é muito mais fácil corrigir desvios da meta do que dispersão”.

A fórmula da equação 31 revela a natureza dos problemas de qualidade:

$$\text{eq. 31. } Q = \frac{(\bar{y} - m)^2}{S}$$

Quando  $Q$  for maior que 1, a perda devido ao desvio da meta é preponderante e, provavelmente, será possível efetuar uma melhora significativa no processo com facilidade. Se  $Q$  for próximo de zero, o processo já estará centrado e os problemas de qualidade são basicamente devidos à dispersão. Assim fica mais difícil de se resolver, pois exige ações sobre as causas comuns.

A função de perda pode ser usada, conforme Ribeiro e Caten (2001), para monitorar melhorias no processo, assim como verificar suas evoluções. É um índice mais consistente do que os índices usuais de capacidade ( $C_p$  e  $C_{pk}$ ). Como estes índices não consideram diretamente o desvio da meta, é possível se ter processos bastante descentrados e ainda assim, com um índice de capacidade alto.

Muitas vezes é difícil computar o verdadeiro valor de  $k$ , mas para efeitos comparativos (monitoramento, avaliação de melhorias) pode-se usar  $k = 1$ . Uma redução de 10% no valor de “ $L$ ” implica em uma redução de 10% nos custos da má qualidade, mesmo que não se conheça com exatidão este valor.

## 2.5 Indicadores de Desempenho

Um sistema efetivo de mensuração de desempenho supre uma organização com a magnitude e a direção do progresso alcançado rumo à conquista da excelência. Para manter a eficácia, os critérios, as medidas e os padrões de sistemas de mensuração de desempenho, estabelecidos sobre os objetivos estratégicos vigentes, os indicadores de desempenho devem ser dinâmicos e alterar as condições, internas e externas, da empresa.

*“O sistema de mensuração de desempenho é uma forma sistemática de medir os insumos (matéria-prima, equipamentos, serviços, funcionários, etc), produtos acabados, transformação e produtividade em uma operação de manufatura ou não-manufatura. O sistema inclui critérios de desempenho, padrões e medidas” (SILVA, 1994, pg.14).*

Amouzou e Pérez (1999) dizem que a maioria dos executivos reconhece a forte influência que as medições exercem no desempenho da empresa. Paradoxalmente, porém, raramente consideram as medições como parte essencial de suas estratégias. É o caso de executivos que introduzem novas estratégias e processos operacionais buscando níveis excepcionais de desempenho, mas continuam usando os mesmos indicadores financeiros de curto prazo vigentes há décadas (retorno sobre o investimento, crescimento das vendas e lucro operacional). Esses executivos falham ao não adotarem novas medições para monitorar novos objetivos e processos e ao não questionarem se as medições antigas são relevantes para suas novas iniciativas.

Conforme Silva (1994), os projetos de sistema de mensuração de desempenho de qualidade têm-se tornado mais produtivos, enfatizando a prevenção ao invés da inspeção. Os sistemas manuais e automatizados de controle de processo, utilizando métodos estatísticos, estão substituindo os inspetores de qualidade. Visto que o ambiente da manufatura continua a evoluir em direção à excelência de manufatura, qualquer sistema de mensuração de desempenho que permaneça estático estará não somente se tornando obsoleto, como corre o risco de impedir que a empresa progrida no sentido do “status” de classe mundial.

De acordo com Dias (2001), a medição de desempenho no passado enfocava um pequeno número de variáveis (resultados físicos e financeiros) e voltava-se mais para a medição do uso dos recursos na empresa de forma isolada. Agora, existe a necessidade de focar as diversas dimensões competitivas (principalmente a qualidade) e foca-se o desempenho da empresa no cenário competitivo (mercado, concorrência e negócio).

Os sistemas de medição de desempenho devem constituir um elo de ligação entre os objetivos e a execução prática das atividades na empresa, coordenando o efetivo uso dos

recursos da organização e monitorando o progresso rumo à estratégia pré-definida da empresa. O indicador deve servir de bússola para nortear as ações da empresa no sentido do alcance dos seus objetivos e sua meta global, pois uma *performance* sustentável a nível mundial não ocorrerá a menos que os objetivos estratégicos e as atuais exigências do mercado estejam alinhados. Eles não podem ser associados com funções de pessoas dentro da organização, devem ser associados com estratégias, funções de negócio, processos e atividades (STEWART e LOCKAMY, 2001; DIAS, 2001).

Os indicadores devem ser utilizados dentro de uma empresa porque com eles se tem uma compreensão das prioridades em que se deve atuar, além de se obter maior objetividade de avaliação, com a possibilidade de se ter um acompanhamento histórico e uma maior definição sobre as responsabilidades de cada funcionário dentro da organização.

A premissa adotada por muitos autores que discorrem sobre os indicadores de desempenho é a de que aquilo que não pode ser medido não pode ser avaliado e, conseqüentemente, não há como decidir sobre ações a tomar. Deste modo, os indicadores nada mais são do que uma relação matemática que mensura atributos de um processo ou de seus resultados, com o objetivo de comparar esta métrica advinda de eventos reais, com metas padrões pré-estabelecidos (TACHIZAWA e SCAICO, 1997).

Dias (2001) fala que os benefícios obtidos por uma empresa pela utilização dos indicadores de desempenho são: proporcionar referenciais para os processos e atividades internas, balizar as mudanças da organização, monitorar as melhorias dos processos e seus resultados além de medir os graus de eficiência e eficácia da organização. A seleção de objetivos e metas relacionadas é o único determinante importante da eficácia de uma organização, uma vez que as decisões são tomadas com base em fatos, dados e informações quantitativas.

A análise dos dados obtidos nos proporciona extrair das informações conclusões mais relevantes para apoiar a avaliação e a tomada de decisões nos vários níveis da organização. Tal análise serve para revelar tendências, projeções e relações de causa e efeito que poderiam não ficar evidentes. A própria análise das informações permite que os próprios indicadores sejam reavaliados e modificados.

O desdobramento dos indicadores de desempenho tem quatro níveis de medição, segundo Tachizawa e Scaico (1997) e Dias (2001):

1) Indicadores do negócio e do mercado: destinam-se a avaliar a empresa como uma empresa prestadora de serviços aos seus clientes atuais e potenciais, por meio da mensuração

dos parâmetros estratégicos, principalmente em seu processo de interação com o meio ambiente externo da organização.

- nível de qualidade, preço, prazos de entrega, variedade de produtos e outros exigidos pelos clientes do negócio;
- regulamentações governamentais em segurança, saúde, relações de trabalho;
- legislação ambiental;
- lucros praticados, margens, investidores, fontes de financiamento;
- tendências tecnológicas do negócio.

2)Indicadores de desempenho global da empresa: propõem-se a avaliar o desempenho de toda a empresa, embora também possam ser utilizados para a avaliação de clientes institucionais. Destinam-se, basicamente, à permanente análise do corpo gerencial da organização.

- nível de participação no mercado;
- taxa de crescimento dos produtos;
- velocidade de introdução de novos produtos;
- retorno sobre o investimento;
- fluxo de caixa e lucro líquido;
- nível comparativo de qualidade dos produtos;
- nível dos serviços oferecidos.

3)Indicadores de Processo: subentende-se os índices numéricos estabelecidos sobre as principais causas que afetam determinados pontos de verificação dos processos.

- nível de qualidade dos processos internos;
- custo total dos processos;
- tempos de ciclo (tempos totais de execução);
- fluxos internos de circulação e execução;
- utilização da estrutura da organização (custos indiretos).

4)Indicadores das Atividades: destina-se à avaliação da qualidade e de desempenho relativa a cada tarefa.

- a qualidade dos produtos e serviços produzidos no setor;
- os custos diretos incorridos;
- a produtividade do setor;
- o tempo de atravessamento (*lead-time*) da produção;
- o desempenho de máquinas e pessoal;

- índice de realização da programação.

A definição do que medir na empresa deve estar relacionada aos fatores-chaves que influenciam o comportamento e a própria sobrevivência da organização. Tais fatores são função direta do setor econômico ao qual pertence a empresa e influem estrategicamente nos resultados, na sobrevivência e, portanto, no posicionamento competitivo da organização no contexto de seu ramo de negócios.

Para Tachizawa e Scaico (1997), o referencial a ser estabelecido na forma de indicador deve ser, em primeiro lugar, externo à empresa, quando então é necessário que se considere a compatibilização, equivalência e ajuste para efeito de comparação das métricas apuradas internamente, com os indicadores-padrão divulgados pelas associações, entidades de classe, sindicatos e publicações especializadas do setor econômico.

As variáveis que são mais freqüentemente medidas dentro de uma empresa são:

- resultados dos negócios: receitas, valor agregado, lucro, fatia de mercado, nível de produção;
- utilização dos recursos: mão-de-obra, horas extras, estoques, insumos, capacidade utilizada, rotação de estoques, disponibilidade de máquinas, tamanho médio dos lotes produzidos;
- qualidade: qualidade no recebimento, na fabricação, no atendimento, retrabalho, erros, índices de satisfação do cliente;
- tempo: introdução de novos produtos, rapidez de entrega de produtos, confiabilidade de entrega, *lead-time*, tempo de espera, atrasos, tempo de lançamento de novos produtos;
- flexibilidade: *set-up*, número de produtos por linha, *mix*, diferentes capacidades no processo produtivo, disponibilidade de serviços, volume diário de serviços, número de clientes não-satisfeitos por tipo de serviço;
- produtividade: mão-de-obra, capital, matérias-primas, faturamento/custos, produção total/consumo total;
- capacidade de inovação: número de novos produtos/serviços por ano, receita devida a novos produtos, número de sugestões por empregado por ano, índice global de melhorias na empresa.

Para cada indicador, deve ser preenchida uma meta (valor a ser atingido e prazo para sua obtenção), uma visualização gráfica a partir de dados em uma série histórica e o valor do *benchmark* (para fins de comparação com o mercado).

A obtenção das informações, conforme Fischmann e Zilber (1999) pode ser uma dificuldade a ser transposta para efetivação de um sistema de indicadores de desempenho. O sistema deve ser construído de forma a permitir à Administração, no nível de sua gestão estratégica, tomar decisões que exerçam no tempo a função de resolver problemas, readequar procedimentos, perceber problemas e, em último caso, redefinir o processo, seja de planejamento ou do seu controle.

Ainda conforme os autores citados, no Brasil, as informações externas na maior parte das vezes, carecem de consistência ou de efetividade. Há, em muitas séries históricas, problemas de descontinuidade ou mudanças metodológicas que as descaracterizam e as tornam inconsistentes e até mesmo não fidedignas. Considerando que os indicadores externos usualmente são construídos com base nesses números, a propensão à falhas e conseqüentemente inoperância de um sistema de verificação pode facilmente acontecer.

Questões relativas aos próprios sistemas de produção das informações nas empresas impedem, no mínimo, a sua disponibilidade e, assim, também a eficácia de qualquer sistema de indicadores. Outra dificuldade é a impossibilidade de se obter dados que reflitam períodos de tempo menores como mensais, semanais e eventualmente, diários.

Desta forma, sistemas de planejamento e de gestão estratégica e, particularmente, de indicadores de desempenho, presumem anteriormente a existência de uma rede de informações confiáveis e contínuas. Por outro lado, a determinação de um indicador, quantificável e mensurável, pode exigir antes de sua implantação, a sistematização de dados, determinando-se formas de sua obtenção e tratamento ao longo do tempo.

As referências bibliográficas apresentadas neste capítulo serão tomadas como base para o desenvolvimento prático deste trabalho. Para tanto, no capítulo a seguir, será apresentado um modelo conceitual de implantação do Controle Estatístico do Processo, adaptado de Ribeiro e Caten.

### **3 APRESENTAÇÃO DE UM MODELO CONCEITUAL DE IMPLANTAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO**

Para se iniciar o desenvolvimento de um modelo conceitual para implantação do Controle Estatístico de Processos, é necessária a indicação de suas origens e aplicações, e, ao longo deste capítulo, argumenta-se a respeito de sua consistência teórica. Sendo este trabalho proposto uma Pesquisa-Ação, realizado a partir de um modelo teórico já existente, baseado na adaptação de Ribeiro e Caten (2001) para a implantação do CEP, busca-se sua validação através da implantação em uma empresa fabricante de fraldas descartáveis.

Primeiramente, busca-se a identificação das qualidades demandadas pelos clientes da empresa através de uma Matriz da Qualidade, obtendo-se a identificação das características de qualidade que serão priorizadas.

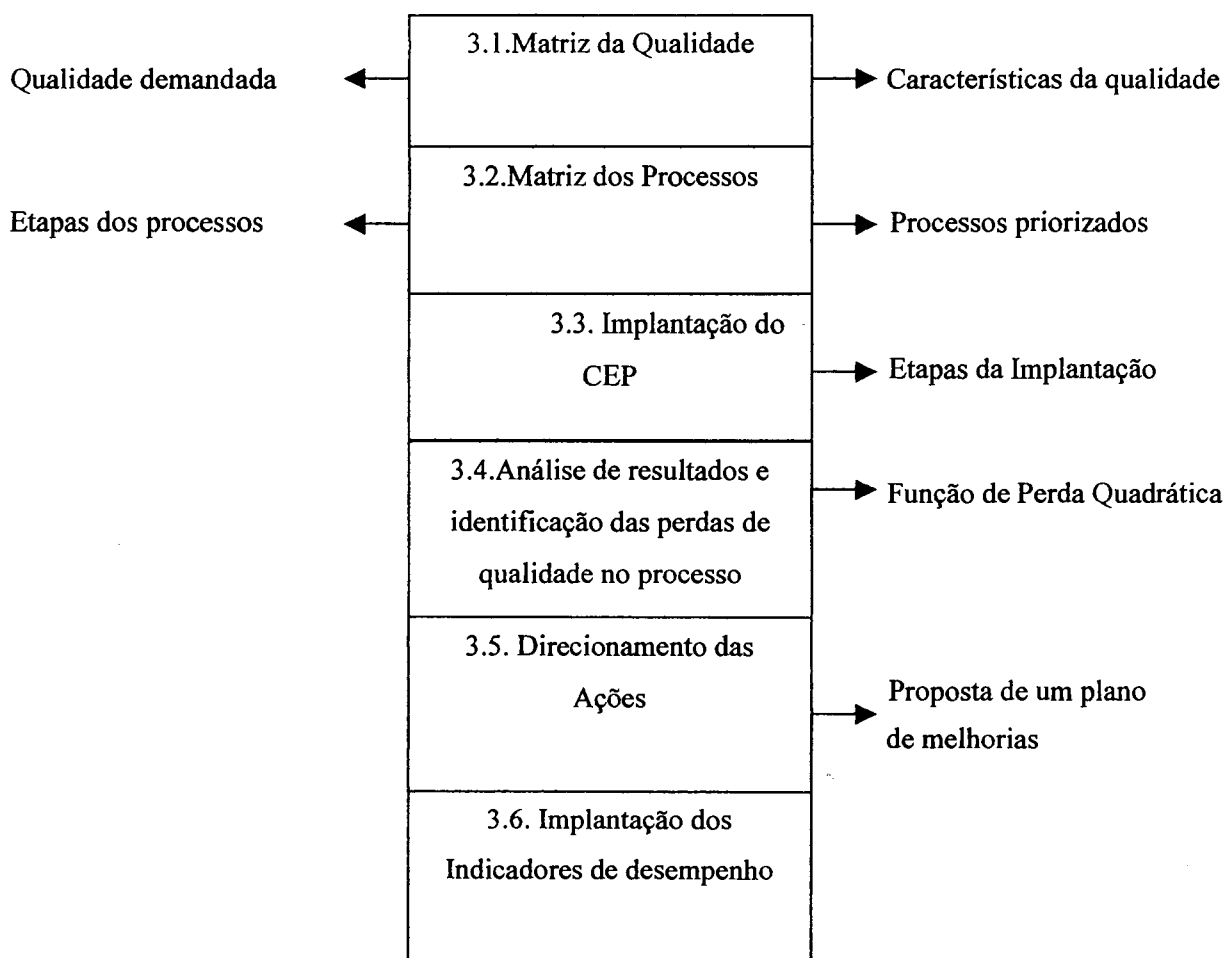
Com a identificação das características de qualidade, monta-se uma Matriz dos Processos da empresa, onde cruza-se as características de qualidade com todos os processos existentes. O objetivo desta Matriz é priorizar os processos críticos para o atendimento das características de qualidade.

Nos processos mais críticos para atendimento da qualidade demandada aplica-se o Controle Estatístico do processo (CEP) que possibilita a empresa direcionar as ações de melhoria que deverão ser tomadas para minimizar as perdas existentes no processo, tanto pelo aspecto da qualidade do produto (visando as qualidades demandadas pelos clientes) como pelas perdas de matéria-prima no processo (visando a redução de custos).

Com a implantação da ferramenta realizada, parte-se para a análise dos resultados, através de estudos de capacidade e de análises da função de perda proposta por Taguchi, com o objetivo de identificar as perdas incorridas no processo. Posteriormente, define-se os indicadores de desempenho que servirão de base para avaliar constantemente o caminho

através de estudos de capacidade e de análises da função de perda proposta por Taguchi, com o objetivo de identificar as perdas incorridas no processo. Posteriormente, define-se os indicadores de desempenho que servirão de base para avaliar constantemente o caminho trilhado pela empresa, no sentido de alcançar a melhoria contínua de seus processos.

A Figura 13 mostra o Fluxograma do modelo conceitual que será utilizado para desenvolver este trabalho.



*Figura 13. Modelo conceitual de implantação do Controle Estatístico de Processo*

### **3.1 Matriz da Qualidade**

A Matriz da Qualidade tem por objetivo priorizar as características da qualidade segundo a demanda do cliente. Esta é apresentada esquematicamente na Figura 14. Na seqüência apresenta-se os passos para o preenchimento da Matriz.



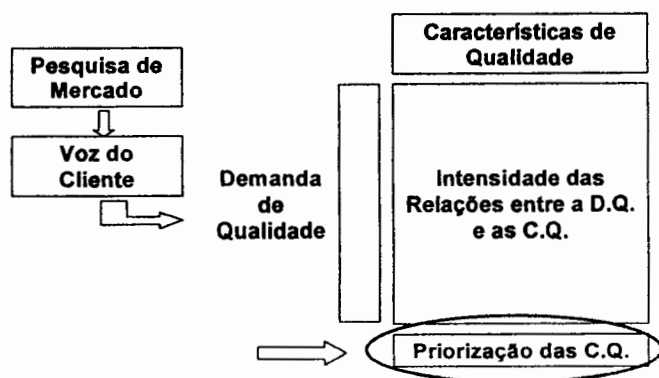


Figura 14. Matriz da Qualidade

[Fonte: Ribeiro e Caten, 2001, pg. 17)

### 3.1.1 Desdobramento da qualidade demandada

Nesta etapa, é necessária, segundo Ribeiro, Echeveste e Danilevicz (2001), a definição do público-alvo que se pretende atingir, e em alguns casos, é preciso segmentar o mercado consumidor por classe, idade, localização geográfica, etc, porque pode ocorrer que as demandas sejam diferentes em cada segmento. Por isto é importante identificar se existem demandas conflitantes e se um mesmo produto poderá atender a mais de um segmento de mercado.

O procedimento usualmente adotado é a utilização de uma pesquisa de mercado, para se ter um conhecimento completo das preferências importantes para o consumidor. Esta etapa constitui a base para o desenvolvimento do Desdobramento da Função Qualidade (QFD). As necessidades dos clientes devem ser identificadas de forma direta, ou seja, junto ao cliente, para a correta identificação dos aspectos mais valorizados por ele. A qualidade demandada também pode ser obtida através de outras técnicas, tais como uma análise de *benchmarking*, pesquisa juntos aos principais clientes e fornecedores, análise de reclamações, entre outras.

### 3.1.2 Priorização da qualidade demandada

A priorização dos itens da qualidade demandada é calculada levando em consideração a importância de cada item da qualidade demandada, além de se atribuir pesos de importância a uma avaliação competitiva dos itens da qualidade demandada ( $M_i$ ) em relação à concorrência, com o objetivo de se identificar os pontos fortes da empresa, assim

como se fazer uma avaliação estratégica dos itens da qualidade demandada ( $E_i$ ), para analisá-los em relação a sua relevância para os negócios da empresa. As tabelas de pesos já foram discutidas e demonstradas nas Tabelas 3 e 4 do Capítulo 2, assim como a fórmula utilizada para se encontrar a priorização da qualidade demandada, demonstrada na equação 1.

### ***3.1.3 Desdobramento e identificação das características de qualidade***

O Desdobramento e a identificação das características de qualidade, também chamados de indicadores de qualidade, devem ser definidos, pois serão usadas, conforme Ribeiro, Echeveste e Danilevicz (2001), para traduzir as demandas da qualidade em requisitos técnicos, mensuráveis e objetivos. As características de qualidade devem ser definidas por uma equipe multifuncional, cujos integrantes devem ter familiaridade com o produto ou com os processos de fabricação. Ainda conforme os autores acima, para se fazer uma lista de características de qualidade, deve-se organizá-las em uma árvore lógica e posicioná-las na parte superior da Matriz da Qualidade, formando o cabeçalho das colunas, sendo que os seguintes aspectos devem ser levados em conta:

- a lista deve ser completa, atendendo todas as demandas de qualidade, assim como não deve apresentar redundância, onde mais de uma característica de qualidade pode avaliar um mesmo aspecto da demanda de qualidade;
- a lista não deve apresentar problemas de hierarquia, ou seja, características de qualidade mais gerais que incorporam outras mais específicas, que também estão sendo listadas.

### ***3.1.4 Relacionamento da qualidade demandada com as características de qualidade***

Conforme Ribeiro, Echeveste e Danilevicz (2001), nesta etapa procede-se o preenchimento da Matriz da Qualidade. Os itens da qualidade demandada são cruzados com os itens da característica da qualidade e são estabelecidas as intensidades dos relacionamentos. A intensidade dos relacionamentos se encontra na Tabela 2 do Capítulo 2 deste trabalho.

Para os autores citados acima, o estabelecimento das relações é feito respondendo a seguinte questão: se a característica da qualidade  $x$  for mantida em níveis excelentes, estará assegurada a satisfação da qualidade demandada  $y$ ? Se a resposta for sim, então a relação é forte (9); se a resposta for parcial, então a relação é média (3), etc.

Segundo Ribeiro, Echeveste e Danilevicz (2001), uma matriz em que a maioria das relações entre as características de qualidade e a qualidade demandada seja fraca deve ser

revista, pois as características de qualidade não estão traduzindo de forma adequada a qualidade demandada pelos clientes e corre-se o risco de não contemplar algum item da qualidade demandada que seja importante para o cliente.

### 3.1.5 Priorização das Características de qualidade

A priorização das características de qualidade é realizada através do índice de importância corrigido, demonstrado através da equação 3 no Capítulo 2. Este índice é encontrado considerando a importância das características de qualidade (equação 2), a dificuldade de atuação sobre estas características ( $D_j$ ) e os resultados obtidos através da avaliação competitiva ( $B_j$ ) que se realiza com um *benchmark* técnico.

## 3.2 Matriz dos Processos

De acordo com Ribeiro, Echeveste e Danilevicz (2001), a Matriz dos Processos desdobra os processos de fabricação dos produtos e tem por objetivo evidenciar os processos que estão associados com as características de qualidade anteriormente destacadas. Este desdobramento auxilia na identificação dos processos que são críticos para a qualidade do produto, possibilitando a priorização dos processos a serem monitorados. A Figura 15 mostra uma Matriz dos Processos.

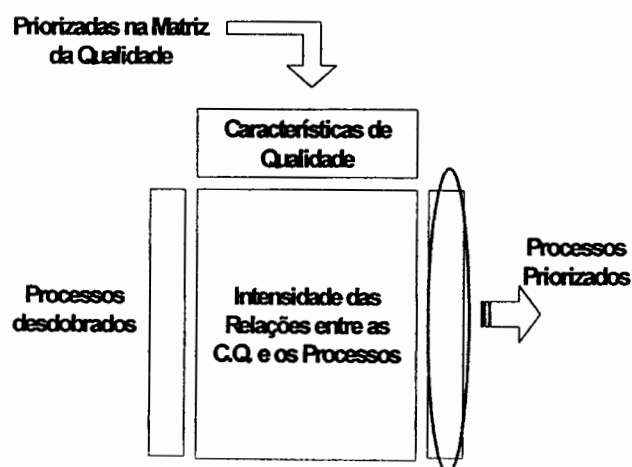


Figura 15. Matriz dos processos

[Fonte: Ribeiro e Caten, 2001, pg. 18]

### 3.2.1 Desdobramento dos Processos em etapas

Todas as etapas constituintes do processo da empresa devem ser relacionadas e

### **3.2.1 *Desdobramento dos Processos em etapas***

Todas as etapas constituintes do processo da empresa devem ser relacionadas e organizadas dentro de uma árvore lógica que formarão o cabeçalho das linhas da Matriz dos Processos. Deve-se assegurar para que nenhuma etapa fique de fora deste trabalho.

### **3.2.2 *Relacionamento das Características de Qualidade com os Processos***

Deve-se avaliar o grau de relacionamento existente entre as características de qualidade com os processos existentes, podendo-se utilizar a mesma escala de relacionamento usada na Matriz de Qualidade. A avaliação do relacionamento permite identificar quais os processos que estão mais fortemente relacionados ao atendimento das características de qualidade e, por conseguinte, ao atendimento da qualidade demandada pelo cliente.

Segundo Ribeiro, Echeveste e Danilevicz (2001), o estabelecimento das relações é feito respondendo a seguinte questão: se o processo  $x$  for realizado perfeitamente, estará assegurado o atendimento das especificações para a característica de qualidade  $y$ ? Se a resposta for sim, então a relação é forte (9); se for parcial, então a relação é média (3), etc.

### **3.2.3 *Definição da Importância dos Processos***

Esta etapa tem por objetivo fornecer uma medida concreta para avaliar o quanto cada processo está associado à obtenção das características de qualidade, possibilitando a visualização daqueles processos de maior importância para a qualidade. A adequação dos processos à satisfação das características de qualidade e respectivas especificações conduz à melhoria da qualidade do produto final.

A importância dos processos é calculada de acordo com a equação 4 demonstrada no Capítulo 2, considerando a intensidade dos relacionamentos entre uma determinada etapa e as características de qualidade e a importância definida para as características de qualidade.

### **3.2.4 *Avaliação da dificuldade e tempo de implantação das melhorias nos processos***

Nesta etapa, todos os processos são avaliados quanto à dificuldade e ao tempo necessário para implantar melhorias no processo em questão. A avaliação pode ser feita usando-se as escalas das Tabelas 3 e 4 mostradas no Capítulo 2.

e dificuldade de implantação de melhorias. Isto é importante em um primeiro momento, à medida que é mais interessante desenvolver aqueles processos que trarão um retorno mais rápido em termos de qualidade do produto final. A fórmula utilizada para o cálculo da priorização dos processos é encontrada na equação 5 do Capítulo 2.

### **3.3 Implantação do CEP**

#### **3.3.1 Planejamento da Implantação do CEP**

Para implantar o CEP em uma empresa, tem que se ter em mente que é um processo que exige tempo e consome recursos. Para isto, é necessário se avaliar alguns aspectos, conforme Ribeiro e Caten (2001):

a) não utilizar um número excessivo de Cartas de controle, sob risco do CEP transformar-se em atividade-gargalo na produção;

b) aplicar o CEP em etapas prioritárias do processo, determinadas sob o ponto de vista da demanda de qualidade dos clientes;

c) associar o CEP a uma estratégia de ação, coletar dados e não agir implica em desperdício de tempo e recursos.

É recomendado por Ribeiro e Caten (2001) seguir as etapas que serão apresentadas a seguir para se implantar o CEP em uma empresa.

#### **A) Identificação dos Postos de Controle e Características de Qualidade do Processo a ser monitorado**

Conhecendo-se as características críticas para a qualidade e onde elas são construídas no processo produtivo, é possível identificar e definir os postos de controle onde serão monitoradas as características de qualidade priorizadas dentro do processo, nomeando os responsáveis pelo controle e execução do projeto em cada posto.

#### **B) Definição de critérios de Classificação dos Produtos**

Nesta etapa definem-se os critérios de classificação a serem utilizados (também chamados filtros) que podem ser informações do tipo: turno, máquina, tipo de produto, operador, encarregado de turno, fornecedor, matéria-prima, etc. Posteriormente, os dados da qualidade podem ser agrupados segundo estes critérios para análise gerencial.

#### **C) Definição das características de Qualidade dos Processos**

Para cada variável ou atributo que for monitorado pelo CEP deve ser definido: o tipo

(nominal, maior ou menor-é-melhor), a unidade de medição, o valor-alvo e especificações (para os estudos de capacidade).

Variáveis do tipo nominal-é-melhor possuem um valor-alvo dado por um número real diferente de zero; desvios do alvo implicam em perda de qualidade. Para seu monitoramento, é necessário definir um limite inferior e superior de especificação. Variáveis com observações além dos limites de especificação são consideradas não-conformes.

Variáveis do tipo maior-é-melhor são aquelas cujo valor-alvo é teoricamente infinito. Essas variáveis não possuem limite superior de especificação; é necessário definir apenas um limite inferior de especificação, abaixo do qual a variável é considerada não-conforme.

Variáveis do tipo menor-é-melhor são aquelas cujo valor alvo é teoricamente igual a zero. Essas variáveis não possuem limite inferior de especificação; é necessário definir apenas um limite superior de especificação, acima do qual a variável é considerada não-conforme.

#### **D) Definição do procedimento de coleta de dados**

Nesta etapa, define-se quem irá coletar os dados, com que frequência os dados serão coletados, onde os dados serão armazenados e qual o destino dos dados após a coleta dos mesmos. Os fatores mais importantes a serem considerados são a atribuição de responsabilidades e exatidão das informações coletadas.

Também é necessário definir nesta etapa qual o tipo de carta de controle, o tamanho da amostra, a frequência de amostragem, a forma de registro dos dados e o sistema de medição a ser utilizado.

#### **E) Avaliação do Sistema de Medição**

Após definido o sistema de medição, é necessário avaliar sua capacidade. Um sistema de medição capaz apresenta uma variância de medição inferior a 20% da amplitude das especificações.

#### **F) Definição das responsabilidades**

Define-se nesta etapa os responsáveis pela coleta dos dados e registros na planilha, digitação dos dados, monitoramento das cartas de controle, cálculo dos limites de controle e estudo de estabilidade e capacidade. Também é necessário definir responsáveis pela identificação e execução de ações corretivas, no caso do processo sair fora do controle, e ações preventivas para evitar a reincidência do problema.

#### **G) Definição da documentação necessária**

Nesta etapa são elaboradas as planilhas de coleta de dados a serem utilizadas em cada posto de controle, bem como as planilhas de registro de ocorrência de causas especiais.

### **3.3.2 *Treinamento, Implantação efetiva e Acompanhamento do CEP***

De acordo com Ribeiro e Caten (2001), o treinamento deve ser aplicado antes da implantação efetiva do CEP, devendo ser ministrado para todos os níveis hierárquicos da empresa que se envolverem com a implantação. Os treinamentos devem ser diferenciados para cada nível, sendo que gerentes e diretores precisam ter conhecimento sobre a análise dos dados gerados pelo CEP, compreendendo deste modo os estudos de capacidade e estabilidade; para engenheiros e supervisores cabe um treinamento integral, para que possam ser capazes de analisar os dados, assim como definir o tamanho de amostra, frequência de amostragem e limites de controle. Os operadores devem ser treinados para a coleta e a digitação dos dados, assim como uma análise das cartas de controle resultante destas coletas, com o objetivo de detectar a presença de causas especiais.

Conforme Ribeiro e Caten (2001), a implantação efetiva do CEP contempla duas etapas: o início do monitoramento e o cálculo dos limites de controle.

Na etapa de início do monitoramento, define-se a data de início da coleta de dados a serem utilizados no CEP, bem como os indivíduos responsáveis pela digitação dos dados de entrada no sistema. Os dados são coletados e plotados no gráfico, mas os limites de controle do processo ainda não são conhecidos.

Após a coleta de uma certa quantidade de dados, é possível o cálculo dos limites de controle. O início desta etapa pode levar alguns dias, dependendo da frequência de amostragem adotada para as variáveis monitoradas. Uma vez feito o cálculo dos limites de controle do processo, estes devem ser acrescentados às cartas de controle, permitindo sua utilização plena. No caso de aparecimento de causas especiais, os limites de controle devem ser recalculados, após a identificação e eliminação das causas de anomalia no processo. Limites de controle obtidos a partir de um processo sob controle estatístico, sobre o qual apenas causas comuns de variabilidade incidem, são utilizados no monitoramento futuro dos processos.

Na última etapa, a de acompanhamento e consolidação do CEP, avaliam-se os resultados obtidos na implantação e identificam-se melhorias futuras advindas desta implantação.

### **3.4 Análise dos resultados e identificação das perdas de qualidade no processo**

Os resultados obtidos dos dados monitorados pela ferramenta de CEP possibilitarão identificar quais as perdas que a empresa está incorrendo em seu processo produtivo. Para tanto, estes dados deverão ser analisados com o auxílio do estudo de capacidade e da Função de Perda Quadrática proposta por Taguchi que monitora as melhorias no processo e conseqüentemente sua evolução em direção à melhoria contínua, até que se atinja a perfeição.

Os estudos de capacidade e a Função de perda quadrática foram apresentados no Capítulo 2 deste estudo, respectivamente nos itens 2.4.8 e 2.4.9.

### **3.5 Direcionamento das Ações**

Com os resultados obtidos com a Implantação do Controle Estatístico do Processo e conseqüentemente, com a quantificação das perdas que a empresa está incorrendo, se analisarão alternativas que poderão contribuir para que a empresa reduza este percentual e aprimore seu processo produtivo no sentido de alcançar a melhoria contínua e a eficácia dos seus procedimentos. Com isto, através do 5W1H, identificou-se quais as ações de melhoria se faziam necessárias, e a implantação de alguns indicadores de desempenho dentro do setor de produção se mostrou adequada para que se analise constantemente o real empenho dos operadores e supervisores no alcance da qualidade desejada dos produtos fabricados.

### **3.6 Implantação dos indicadores de desempenho**

Os indicadores de desempenho serão definidos a partir dos resultados obtidos da implantação do CEP e deverão servir de subsídio para a direção da empresa quanto às ações que deverão ser tomadas para alcançar um índice zero de perdas de qualidade dentro de seu processo de produção. Para tanto, estes indicadores deverão ser constantemente analisados para que a empresa alcance a melhoria contínua dos seus processos.

Após a apresentação do modelo conceitual parte-se para a efetiva implantação do CEP apresentada no capítulo a seguir.



## **4 ESTUDO DE CASO: IMPLANTAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO EM UMA EMPRESA FABRICANTE DE FRALDAS DESCARTÁVEIS INFANTIS**

Este capítulo destina-se a apresentar o estudo feito em uma empresa fabricante de fraldas descartáveis.

### **4.1 O Processo de fabricação de fraldas descartáveis**

A Cora Produtos Higiênicos S/A é originária de Caxias do Sul sendo adquirida em 1988 e transferida para Porto Alegre no ano seguinte. Inicialmente produzia bicos, mamadeiras, babadores, fraldas de pano e calças plásticas com a marca PIPITA e em 1992, foi adquirida na Itália, a primeira máquina de fraldas descartáveis infantis.

Foi uma das primeiras fábricas de fraldas descartáveis do Brasil e concorria na época com a Johnson & Johnson. Nos anos seguintes adquiriu uma máquina de absorventes geriátricos, uma de absorventes femininos e posteriormente outra máquina de menor porte de fraldas descartáveis infantis. Uma das máquinas de fralda infantil produz os tamanhos pequeno e médio e a outra produz os tamanhos grande e extra grande. As duas máquinas de fraldas descartáveis possuem capacidades produtivas diferentes, sendo que a máquina que produz o tipo de fralda em estudo neste trabalho (tamanho médio) tem capacidade de produzir até 350 peças por minuto e a outra máquina somente produz até 120 peças por minuto.

Atualmente a empresa possui 75 funcionários trabalhando em dois turnos, com uma produção que gira em torno de 18.000 fardos/mês, tendo como mercado consumidor basicamente pessoas das classes B e C da sociedade. A marca da empresa é bastante valorizada e reconhecida pelos consumidores, que normalmente pagam por um produto com melhor custo X benefício.

A empresa é considerada de médio porte, com faturamento anual de R\$ 7.500.000,00

e está distribuindo seus produtos basicamente no Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Está buscando expansão no Paraná e em São Paulo, mas encontra dificuldades pela quantidade de empresas fabricantes de fraldas existentes nestes Estados. A guerra fiscal entre os estados brasileiros dificulta ainda mais a comercialização, tornando o produto caro em muitos lugares, assim como o frete, pois como o volume a ser transportado é grande, torna-se impraticável. Deste modo, está sendo difícil para a empresa conseguir expandir seu mercado consumidor, tendo que concentrar esforços na região sul.

Como a empresa está operando com dois turnos de produção devido a restrições de mercado, isto prejudica muito a produtividade da máquina, pois a mesma tem que ser desligada no fim do dia. Na parte da manhã, se perde muita matéria-prima devido aos ajustes necessários desde o início do processo até o produto alcançar a qualidade desejada. A Figura 16 mostra o Fluxograma do processo de fabricação das fraldas descartáveis.

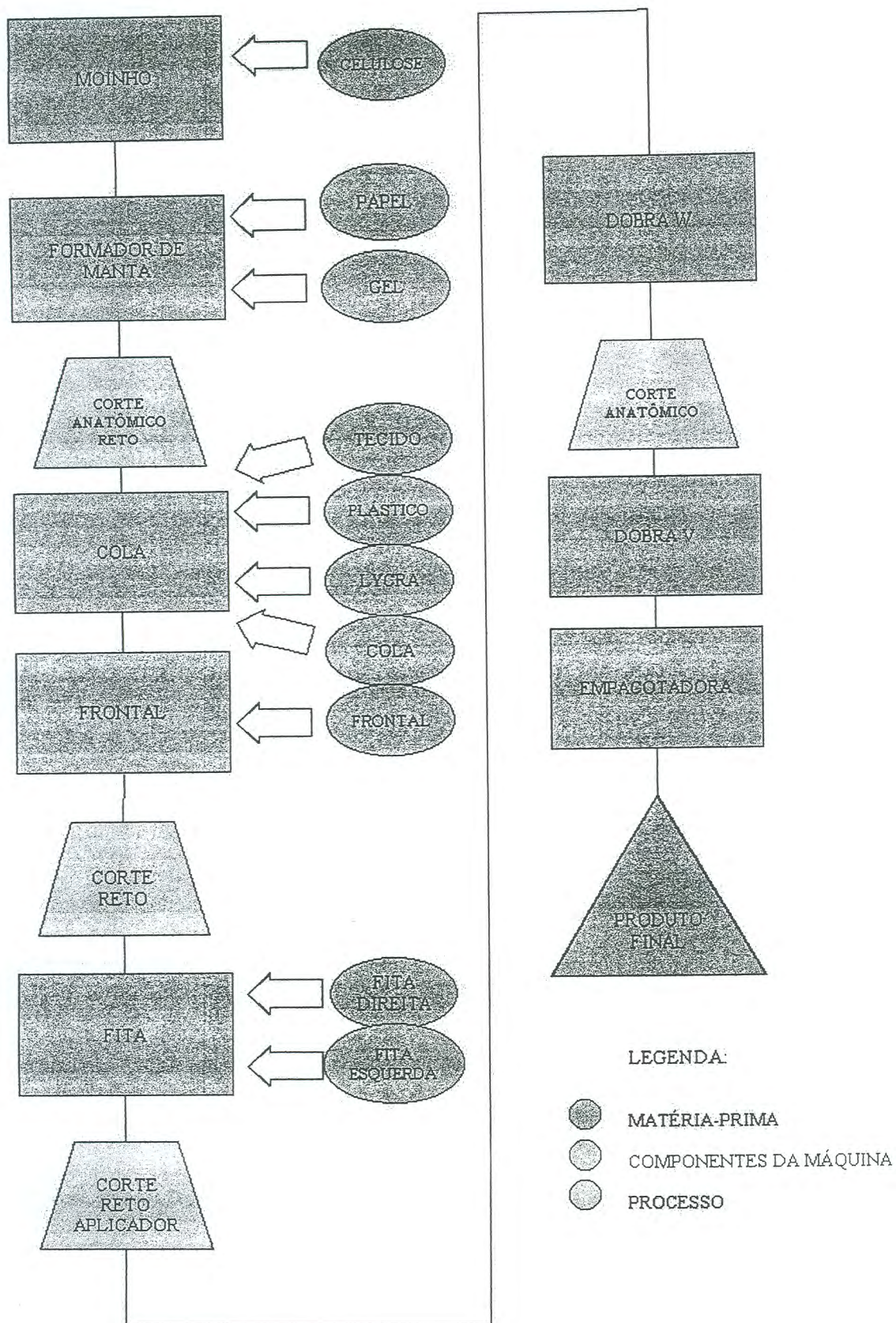


Figura 16. Fluxograma do processo de fraldas descartáveis

#### **4.1.1 Etapas do Processo de Fabricação de Fraldas Descartáveis**

##### **1ª Etapa - Desfibrador:**

A celulose (que vem em bobinas) é tracionada para dentro de um moinho (do tipo martelo) através de dois cilindros compactadores, que estão ligados a um motor elétrico via CLP (Controlador Lógico Programável). A celulose é desfibrada dentro do moinho e sai através de um duto para formar a manta.

##### **2ª Etapa - Formação da Manta:**

Dentro do formador de manta há uma esteira onde o papel higiênico é colocado sobre a polpa, onde a mesma é sugada através de um exaustor para dentro deste formador de manta; como o higiênico é poroso, a polpa é facilmente assentada e vai até um conjunto de niveladores, onde a mesma é nivelada e aplainada.

Ainda dentro do formador de manta e antes dos niveladores é aplicado, através de válvulas pneumáticas, o polímero superabsorvente (gel), onde a quantidade de aplicação varia conforme o tamanho da fralda (P, M, G e XG). Quando a polpa sai do formador de manta com o polímero superabsorvente é que pode ser chamada de manta.

A manta é tracionada por um cilindro compactador, onde ocorre a compactação e logo após o corte anatômico e o corte reto da manta, que define o tamanho da fralda. Este rolo compactador é ajustado através da pressão de dois cilindros pneumáticos. O ajuste desta pressão pode ser controlado através de um manômetro.

##### **3ª Etapa - Aplicador de Adesivo:**

A manta, cortada, entra sobre uma esteira transportadora. Na parte superior desta manta está a bobina de *NonWoven* (não-tecido), que entra sobre ela. No término da esteira, a manta com *NonWoven* entra por cima do filme (golfrado), onde a bobina com este filme encontra-se na parte inferior da máquina.

Nesta etapa, um Adesivo (*Hot-Melt*) une a Manta, o *NonWoven*, o Filme e a Lycra formando a fralda. O Adesivo é aplicado na parte inferior do *NonWoven* em espiral spray, no Filme, e em linhas e em espiral spray, na fixação da Lycra. A fralda passa então por um rolo compactador de borracha de silicone onde é prensada para a melhor fixação do adesivo.

##### **4ª Etapa – Colocação do Frontal:**

Do rolo compactador de silicone, a fralda entra no aplicador de frontal, que tem na parte inferior da máquina uma bobina de *Frontal Tape*. O mesmo é tracionado através de eixos que estão ligados a transmissão da máquina. Em cada fralda, o *Frontal Tape* entra no conjunto de corte e é aplicado através de vácuo.

### **5ª Etapa – Aplicação da Fita:**

A fralda passa então a receber a fita reposicionável da mesma forma que no conjunto do frontal, ou seja, rolos de fita (esquerda e direita) estão posicionados na parte inferior da máquina e são tracionados por eixos ligados à transmissão da máquina, entrando a fita e passando pelas navalhas que estão dispostas a 180° uma da outra, que fazem o corte através de vácuo, sendo transportadas até a fralda e prensada por um batedor. E logo em seguida, são dobradas para a parte interna da fralda e prensadas por rolo compactador de elastômero. Porém, antes desta prensagem, existe a verificação da presença da fita na fralda através de sensores ópticos ligados a um CLP, com aviso sonoro para casos de ausência desta matéria-prima.

### **6ª Etapa – Dobra W:**

Saindo do conjunto da fita, a fralda passa por uma navalha anatômica que faz o corte do Filme e do *NonWoven*. Após, entra em um sistema de chapas que faz a Dobra W (latitudinal) e entra no corte final onde é separada.

### **7ª Etapa – Dobra V:**

Após o corte final, a fralda é tracionada por uma esteira metálica, e em um sistema de correntes com dispositivo K1, é feita a Dobra V (longitudinal).

### **8ª. Etapa – Controle de Qualidade:**

Entre as etapas 7ª e 9ª, realiza-se o controle de qualidade primário. Este controle é realizado visualmente e manualmente por funcionárias da fábrica. São recolhidas sistematicamente amostras para verificar uma primeira análise do produto e averiguar a existência de qualquer possibilidade de defeito no produto. Sendo assim, qualquer defeito existente tem a orientação da empresa para ser corrigido de imediato, ou através da regulagem adequada do equipamento, ou também, em caso de necessidade, através da parada da produção e conserto ou troca da peça responsável pelo defeito averiguado.

Nesta etapa também é realizada a separação superficial das linhas de produto, de acordo com os tipos de defeitos produzidos. Existem três separações possíveis dos produtos processados:

1ª Linha = fralda sem defeitos.

2ª Linha = fraldas com pequenos defeitos, porém utilizáveis no sentido de absorção do produto, somente com defeitos aparentes que não desqualificam o uso do mesmo.

3ª Linha = fraldas não aproveitáveis para uso.

### 9ª Etapa – Empacotamento:

A fralda entra em um conjunto de aletas que ficam girando 360° e recebem uma fralda por vez, até chegar em um cilindro pneumático que coloca a quantidade de fraldas que foi programada via CLP para as bandejas direita e esquerda. Nas bandejas estão duas funcionárias que tem a função de estarem com a embalagem pronta (aberta) para receber as fraldas e após a colocam em uma esteira transportadora onde outra funcionária fecha a embalagem. Depois disto, uma outra funcionária pega a embalagem selada e coloca dentro de fardos que são fechados por uma seladora com dispositivo à quente. Posteriormente o produto enfardado é *palletizado* e estocado.

Para que fiquem claros alguns dados que serão utilizados posteriormente no trabalho, vale também exemplificar a Fórmula Padrão da fralda estudada, demonstrada na Tabela 5.

*Tabela 5. Fórmula Padrão da fralda descartável tamanho médio*

<b>Item</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade (%)</b>
Celulose não-tratada	Kg	63,71
Polímero super absorvente	Kg	8,57
Golfrado 31cm 25gr	Kg	9,84
Nonwoven 31 cm 15gr	Kg	5,15
Papel Higiênico 16 cm 18gr	Kg	6,29
Frontal Tape 240mm 2286m	Kg	1,43
Fita KB 60 x 600 direita	Kg	0,43
Fita KB 60 x 600 esquerda	Kg	0,43
Latex 46/52 6 fios	Kg	0,39
Hot melt construção	Kg	2,48
Hot melt elástico	Kg	1,26
<b>PESO TOTAL (gramas)</b>		<b>0,035</b>

### 4.2 Matriz da Qualidade

Para se iniciar esta primeira etapa da Pesquisa-ação, buscou-se nos registros de reclamações mantidos pela empresa, os itens que mais vezes constavam nas reclamações feitas pelos clientes das fraldas descartáveis produzidas pela empresa. Desta forma, não foram feitos questionários junto aos clientes finais, os quais gerariam custos adicionais para a realização deste trabalho.



#### **4.2.1 Desdobramento da Qualidade Demandada**

Conforme dito no item acima, como não foram feitos questionários junto ao cliente final, o desdobramento da qualidade demandada foi buscado diretamente dos registros das reclamações feitas por clientes junto à empresa. A equipe técnica da empresa filtrou estes dados e qualificou as reclamações da seguinte forma:

- **Aderência da fita adesiva:** os clientes reclamam que a fita não cola, ou cola demais ou também constatam que a fralda vem sem a fita adesiva;
- **Capacidade de absorção:** as reclamações são feitas na medida em que o gel não fica bem centrado na fralda ou constatam que não existe a quantidade suficiente de gel, o que faz com que a urina do bebê vaze;
- **Facilidade de colocação da fralda:** a fralda tem que ser prática para ser colocada;
- **Formato anatômico:** a fralda tem que ficar firme no bebê, mesmo quando a criança se mexe muito, pois é quando ocorrem os vazamentos;
- **Anti-alérgica:** a fralda não pode conter matérias-primas que causem alergias;
- **Embolamento da polpa:** se a criança se mexe muito, a polpa de celulose tende a embolar, o que prejudica a absorção da fralda, assim como se torna mais suscetível a vazamentos.

#### **4.2.2 Priorização da Qualidade Demandada**

A priorização da qualidade demandada foi feita utilizando-se as fórmulas demonstradas no item 2.3.2 deste trabalho, levando em conta a importância de cada item da qualidade demandada pelos clientes, onde os resultados são mostrados na Matriz da Qualidade apresentada na Figura 18. A priorização da qualidade demandada é demonstrada na Figura 17.

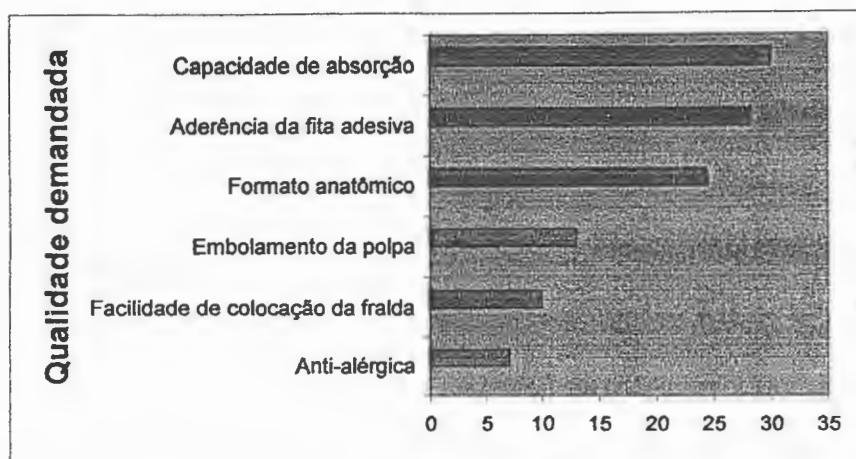


Figura 17. Priorização da qualidade demandada

#### 4.2.3 Desdobramento e identificação das características de qualidade

As características da qualidade foram identificadas pela equipe técnica da fábrica, composta pelo seu gerente de produção e respectivos chefes de turma (do turno da manhã e do turno da tarde), pelos quatro operadores de máquina e pelas duas responsáveis pelo controle de qualidade. As características de qualidade definidas pela equipe técnica são as seguintes:

- Cortes da fralda (tamanho M);
- Grau de umidade da celulose;
- Número de fraldas sem fita;
- Quantidade de cola aplicada na lycra;
- Tensão da lycra;
- Quantidade de cola da fita adesiva;
- Quantidade de gel;
- Local de aplicação do gel na fralda;
- Pressão na compactação da celulose.

#### 4.2.4 Relação da qualidade demandada com as características de qualidade

Nesta etapa foi efetuado o preenchimento da Matriz da Qualidade, de acordo com a intensidade de relacionamento entre os itens da qualidade demandada e das características de qualidade, seguindo a escala demonstrada anteriormente na Tabela 2 deste trabalho.

A Figura 18 apresenta a Matriz da Qualidade realizada no estudo de caso.



MATRIZ DA QUALIDADE	Características da qualidade										kdi	Ei	M	kdi*
	Quantidade de cola da fita adesiva	Número de fraldas sem fita adesiva	Quantidade de gel	Local de aplicação do gel na fralda	Quantidade de cola aplicada na lycra	Tensão da Lycra	Grau de umidade da celulose	Pressão da compactação da celulose	Cortes da Fralda (P,M,G,XG)					
Qualidade demandada														
Aderência da fita adesiva	9	9			3						20	2,0	1,0	28,28
Capacidade de absorção			9	9			1	6	6		30	1,0	1,0	30,00
Facilidade de colocação da fralda	1	6				1					10	1,0	1,0	10,00
Formato anatômico					6	3		3			20	1,5	1,0	24,49
Anti-alérgica			1	6							5	2,0	1,0	7,07
Embolamento da polpa					6	1	6	9			15	0,5	1,5	2,99
Especificações	>1cc/m2	2 A 3 cm	2 a 4 g	2 a 5s	0,7 a 1,1 cm	média	0,10/ton	1 a 2 Kg/cm2	12 a 15cm central					
IQj	26,46	31,46	27,71	31,24	30,98	9,65	10,79	37,04	18,00					
Dificuldade de atuação (Dj)	1,00	1,50	1,50	1,50	1,00	1,50	0,50	1,00	0,05					
Análise competitiva (Bj)	1,00	1,00	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00					
IQj*	26,46	38,53	41,56	46,86	37,94	11,82	7,63	37,04	4,02					

Figura 18. Matriz da Qualidade

#### 4.2.5 Priorização das Características de Qualidade

Com a Matriz da Qualidade preenchida, pode-se observar que os itens com maior importância para os consumidores são a quantidade do gel colocado na fralda e seu respectivo local de aplicação, os quais influenciam diretamente na capacidade de absorção da urina. Outro item importante para os consumidores é a existência da fita adesiva. Conforme a Figura 19, pode-se observar a coerência dos itens da qualidade demandada com suas características. Pode-se identificar então que o item “gel” será de grande importância se for estudado, assim como a fita adesiva.

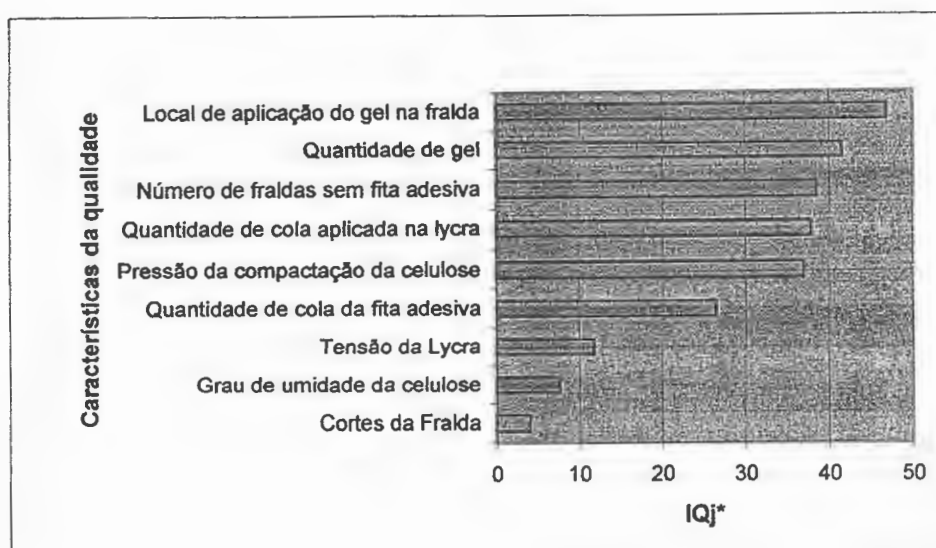


Figura 19. Priorização das características de qualidade

### 4.3 Matriz dos Processos

#### 4.3.1 Desdobramento dos Processos em Etapas

Para se preencher a Matriz dos Processos, a equipe técnica dividiu o processo de fabricação de fraldas descartáveis em etapas, e o detalhou desde o recebimento da matéria-prima até a embalagem do produto final. As etapas do processo foram organizadas para formar o cabeçalho das linhas da Matriz. As características de qualidade, já identificadas e priorizadas na etapa anterior, formaram então o cabeçalho das colunas da Matriz dos Processos.

#### 4.3.2 Relacionamento das Características de Qualidade com os Processos

Para se determinar o grau de relacionamento entre as características de qualidade e as etapas do processo, foram atribuídos pesos de acordo com a Tabela 2. A Figura 20 apresenta a Matriz dos Processos.

MATRIZ DO PROCESSO MACRO-ETAPAS DO PROCESSO		ETAPAS DO PROCESSO										CARACTERÍSTICAS DA QUALIDADE			
		IQ*	26,36	38,53	41,66	46,86	57,34	11,82	7,6	27,04	4,02	Importância dos processos	Capacidade	Conhecimento	Índice de Priorização
MACRO-ETAPAS DO PROCESSO	ETAPAS DO PROCESSO	IQ*	26,36	38,53	41,66	46,86	57,34	11,82	7,6	27,04	4,02	IFI	Opi	G	IPPI*
PREPARAÇÃO DO CORPO DA FRALDA	Recebimento da matéria-prima				1				1	1		9,15	2,00	2,00	18,31
	Trituração da celulose				1				3	3		18,09	1,00	1,00	18,09
	Formação da menta de celulose				3				3	9	3	50,89	1,00	0,50	35,98
MONTAGEM DA FRALDA	Corte Anatômico Polpa										6	2,41	1,50	1,00	2,95
	Aplicação do gel			9	9							79,58	1,00	1,00	79,58
	Colocação da Lycra					9	6					41,24	1,50	1,50	61,86
	Aplicação do hot-melt					9	3			3		48,80	1,00	0,50	34,51
COLOCAÇÃO DOS ADESIVOS	Corte Anatômico Plástico		3								6	13,97	1,00	0,50	9,88
	Colocação do frontal tape										1	0,40	0,50	0,50	0,20
ACABAMENTO	Colocação da fita adesiva	3	9								9	46,23	0,50	0,50	23,12
	Dobra W										1	0,40	1,50	1,50	0,60
	Dobra V										3	1,21	1,50	1,50	1,81
	Embalagem							6			3	5,78	1,50	1,50	8,68

Figura 20. Matriz dos Processos

#### 4.3.3 Definição da importância dos processos

A importância dos processos foi feita através do estabelecimento de um índice de importância dado pelo somatório do produto do índice de importância das características de qualidade pela intensidade de relacionamento entre as etapas do processo e as características de qualidade, conforme a equação 4 demonstrada no Capítulo 2 deste trabalho. O objetivo é determinar quais etapas do processo estão mais fortemente associadas ao atendimento das características de qualidade listadas anteriormente.

#### 4.3.4 Avaliação da capacidade do processo produtivo

A avaliação da capacidade foi feita com base no conhecimento técnico da equipe e foi estimada a partir da escala listada na Tabela 4 apresentada no capítulo 2 deste trabalho.

#### 4.3.5 Avaliação do conhecimento do processo produtivo

Para a avaliação do conhecimento dos processos produtivos, a equipe técnica foi questionada sobre o seu domínio e conhecimento técnico dos processos e parâmetros envolvidos, utilizando-se da Tabela 4 apresentada no Capítulo 2.

#### 4.3.6 Priorização dos Processos

A priorização foi realizada com base na importância, na capacidade e no conhecimento dos processos obtidos na etapa anterior. A Figura 21 apresenta os processos priorizados de acordo com o índice de importância corrigido ( $IP_i^*$ ) apresentado anteriormente na equação 5.

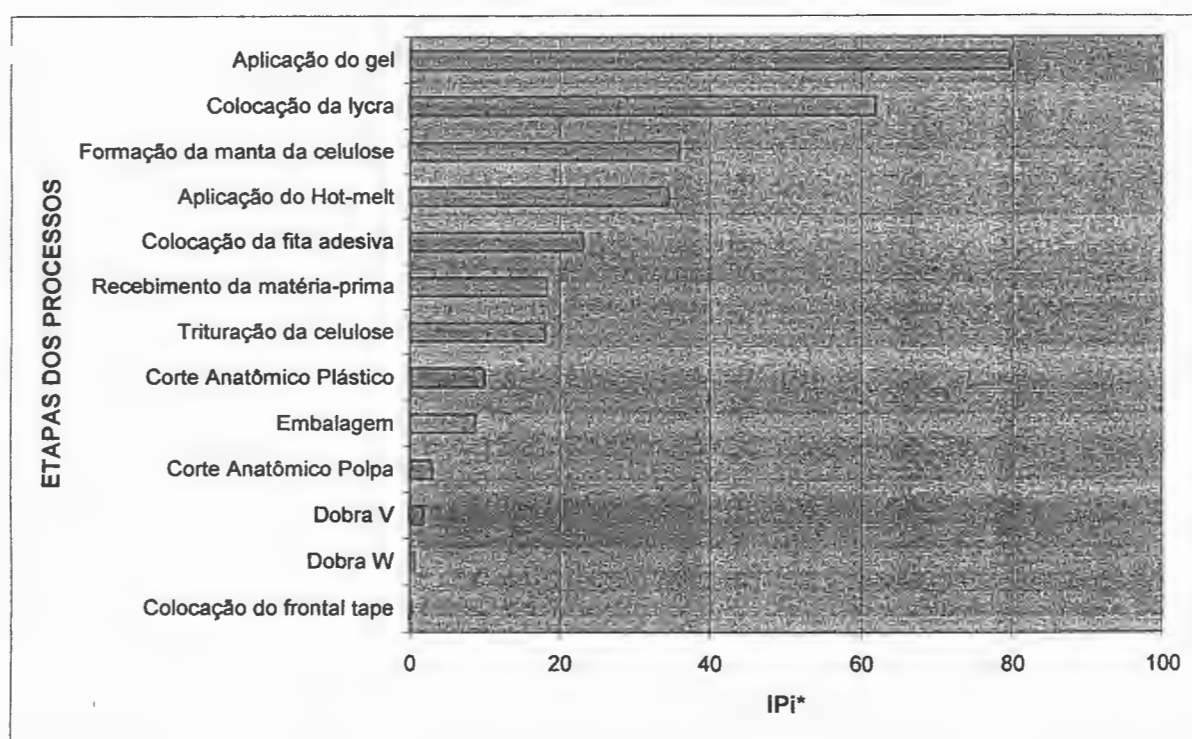


Figura 21. Priorização dos Processos Produtivos

Verifica-se com este Gráfico de Pareto que a aplicação do gel é o processo que deve ser prioritariamente analisado, pois será o mais representativo para se atingir um produto com qualidade, de acordo com as orientações exigidas pelos clientes. A seguir, segue-se a colocação da Lycra (que também está vinculada aos vazamentos da fralda, assim como faz com que a mesma fique firme na criança), a formação da manta de celulose, a aplicação do hot-melt e a colocação da fita adesiva.

## 4.4 Controle Estatístico de Processos

### 4.4.1 Lançamento do Projeto

O projeto de implantação do Controle Estatístico de Processos foi apresentado para o gerente de produção, chefes de turma, operadores de máquina, auxiliares e responsáveis pelo controle de qualidade da empresa. O método a ser utilizado e as Planilhas de Controle foram apresentadas para os participantes assim como de que maneira o CEP iria contribuir para a melhoria do Controle de Qualidade dentro da empresa.

### 4.4.2 Identificação dos postos de controle e características de qualidade do processo a serem monitorados

Os postos de controle correspondem aos locais físicos na produção onde o CEP será executado e onde serão monitoradas as características de qualidade associadas às etapas críticas do processo. Na Tabela 6 estão descritos os postos de controle definidos para este Estudo de Caso.

*Tabela 6. Descrição dos postos de controle*

Número	Descrição do posto
Posto 1	Operação
Posto 2	Controle

Em cada posto de controle, de acordo com as etapas dos processos priorizados na Matriz dos Processos, foram identificadas as características de qualidade a serem monitoradas. As características selecionadas em cada posto de controle estão apresentadas na Tabela 7.

*Tabela 7. Descrição das características de qualidade monitoradas*

Posto	Etapas do Processo	Características de Qualidade
1	Formação da manta	Pressão na compactação da celulose
1	Aplicação do gel	Quantidade de gel
2	Colocação da Lycra	Quantidade de cola aplicada na lycra
2	Colocação da fita adesiva	Número de fraldas sem fita adesiva

A característica de qualidade “quantidade de cola aplicada na Lycra” será monitorada em um primeiro momento pelo Posto de Controle 2 (quando os funcionários ainda não tem

conhecimento do porque das medições que estão fazendo), e, depois da implantação do CEP, será monitorada pelo Posto 1, dentro da área de operação.

O Posto de Controle 2 tomará as primeiras amostras coletadas e irá medir a quantidade de cola colocando a fralda dentro de uma caixa iluminada por uma “luz negra”, onde é possível identificar a quantidade de cola que é aplicada em cada fralda e posteriormente estas informações serão repassadas ao Posto de Controle 1, na operação da máquina propriamente dita, onde os operadores atacam o foco do problema, que será mexer no bico de *spray* por onde sai a cola (aumentando ou diminuindo o diâmetro do *spray*) que é colocada para colar a lycra na fralda.

#### **4.4.3 Definição dos critérios de classificação**

Nesta etapa, definiram-se os critérios de classificação (ou filtros) a serem utilizados na identificação dos dados de qualidade do processo. Tais critérios foram selecionados com vistas a facilitar uma posterior análise gerencial das cartas de controle. Os critérios de classificação definidos pela equipe técnica estão apresentados na Tabela 8.

*Tabela 8. Descrição dos critérios de classificação*

<b>Critério</b>	<b>Descrição do critério</b>
1	Turno
2	Chefe de turma

O principal critério a ser utilizado será a classificação por turno, pelo simples motivo de existir somente um operador em cada turno para o processo estudado. O critério 2 foi estabelecido simplesmente para ser possível fazer a avaliação do sistema de medição.

#### **4.4.4 Definição das características de qualidade do processo**

Depois de definidas as características de qualidade a serem monitorados e em que postos de controle isto será realizado, classificou-se os itens de controle quanto a sua natureza (variável ou atributo) e o tipo de alvo (nominal-é-melhor, maior-é-melhor, menor-é-melhor) e respectivas especificações. As definições realizadas estão demonstradas na Tabela 9.

Tabela 9. Definição das características de qualidade

Posto	Características de Qualidade	Natureza	Tipo de Alvo	Especificações
1	Pressão da compactação da celulose	Variável	Nominal-é-melhor	1 a 2 Kgf/cm <sup>2</sup>
1	Quantidade de gel	Variável	Nominal-é-melhor	2,8 a 3,2 g
2	Quantidade de cola aplicada na lycra	Variável	Nominal-é-melhor	0,7 a 1,1 cm
2	Número de fraldas sem fita adesiva	Atributo	Menor-é-melhor	sim ou não

A característica de qualidade denominada “pressão da compactação da celulose” é medida através de um manômetro, e a “quantidade de gel” pelo CLP existente na máquina.

O item “quantidade de cola aplicada na lycra” foi dividido em 2 estudos. Isto porque são colocados na fralda 3 fios de lycra em cada lado da mesma e a cola é aplicada com o espiral *spray* em cada lado da fralda. Como cada lado é aplicado com diferentes bicos, podendo ocorrer variações em cada um deles, decidiu-se estudar cada um separadamente, denominando “lado de dentro” e “lado de fora”, tomando como base para se ter uma definição padrão, o *frontal tape* como a parte de cima da fralda, para então poder identificar cada um dos lados.

O “número de fraldas sem fita adesiva” foi avaliado visualmente, tirando-se as amostras diretamente da máquina e verificando a existência da fita ou não. O equipamento possui um sensor de presença, mas mesmo assim, constatou-se a ocorrência deste tipo de defeito no produto.

#### 4.4.5 Definição do procedimento de coleta de dados

Nesta etapa foram definidos o tipo de carta de controle, o tamanho da amostra, a frequência de amostragem, a forma de registro de dados e o sistema de medição.

Para facilitar a demonstração do que se tratava este trabalho aos funcionários da empresa, definiu-se que os responsáveis pela coleta iriam inicialmente coletar os dados solicitados sem saber o porque do que estavam fazendo. Isto facilitará a visualização de como todos os processos da empresa são instáveis.

Assim, os dados foram coletados em duas etapas diferenciadas, a primeira, quando os operadores e as responsáveis pelo controle de qualidade só anotavam os dados solicitados, que estão demonstrados na Tabela 10, e a segunda coleta, demonstrada na Tabela 11, onde todos já tinham conhecimento dos motivos da coleta dos dados.

Este procedimento irá se repetir em toda a análise da estabilidade dos processos.

*Tabela 10. Descrição das características de qualidade, tipo de carta, tamanho da amostra e frequência de amostragem na primeira coleta de dados*

Posto	Características de Qualidade	Tipo de Carta	Tamanho da Amostra	Frequência
1	Pressão da compactação da celulose	X - R	1	a cada 1:30min
1	Quantidade de gel	X - R	1	a cada 1:30min
2	Quantidade de cola aplicada na lycra	X - R	5	a cada 1:30min
2	Número de fraldas sem fita adesiva	NP	4	a cada 15 min

*Tabela 11. Descrição das características de qualidade, tipo de carta, tamanho da amostra e frequência de amostragem na segunda coleta de dados*

Posto	Características de Qualidade	Tipo de Carta	Tamanho da Amostra	Frequência
1	Pressão da compactação da celulose	X - R	1	a cada 1 hora
1	Quantidade de gel	X - R	1	a cada 1:30min
2	Quantidade de cola aplicada na lycra	X - R	1	a cada 0:30min
2	Número de fraldas sem fita adesiva	NP	4	a cada 15 min

Quando se começou a coleta dos dados para as primeiras análises, os mesmos foram anotados manualmente em Planilhas feitas no Excel e posteriormente foram registrados em um *software* denominado PROCEP, onde todos os dados foram analisados e apresentados através de Gráficos de Controle para avaliação pela equipe de trabalho da empresa.

#### **4.4.6 Avaliação do Sistema de Medição**

Seria executada a avaliação do sistema de medição de cada característica de qualidade a ser monitorada, mas no entanto, não foi possível avaliar a repetibilidade e reprodutibilidade da quantidade de gel porque os mesmos eram retirados diretamente de um CLP (Controlador Lógico Programável), previamente programado para borrifar na fralda a quantidade de gel desejada e que calcula automaticamente o que está sendo consumido desta matéria-prima.

A análise apresentada na Tabela 12 refere-se ao item de controle da “cola do lado de dentro” da fralda e foi realizada avaliando-se seis diferentes fraldas, as quais foram retiradas em um dia do turno da tarde. Cada amostra foi avaliada pelo operador e pelo responsável pela implantação do CEP na empresa, sendo que cada uma foi medida duas vezes por cada um deles. Concluiu-se, em virtude dos resultados das avaliações, que o sistema de medição utilizado na empresa para medição da quantidade de cola não tem bom poder discriminatório na classificação de peças dentro e fora de especificação ( $R\&R_{tol} = 70,79\%$ ), mas é aceitável no controle do processo, pois  $R\&R_{vt} = 22,26\%$ . Não será demonstrada a verificação da “cola



do lado de fora” pois as duas representam o mesmo sistema de medida e como o do “cola do lado de dentro” foi aprovado, não há necessidade de repetir o mesmo teste.

Tabela 12. Análise do Sistema de Medição da cola do lado de dentro

Ciclos Hora	Mariene						Tatiana						Xbar		
	1		2		Xbar	R	1		2		Xbar	R			
14:45	AM1	AM2	AM1	AM2			0,90	0,00	AM1	AM2			AM1	AM2	1,00
16:00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	0,00	0,93		
17:30	1,30	1,40	1,40	1,40	1,38	0,10	1,40	1,30	1,40	1,40	1,38	0,10	1,19		
19:00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	0,00	0,93		
20:30	0,70	0,80	0,70	0,80	0,75	0,10	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,00	0,69		
22:00	0,70	0,80	0,70	0,80	0,75	0,10	0,60	0,60	0,60	0,60	0,00	0,00	0,55		
					MEDIA	0,96	0,05						MEDIA	1,00	0,02
Ro		0,033	Repe				VT		1,2719						
Rbar		0,03	m		2		Sigma t		0,2470						
Sigma e		0,0519	g		12		Sigma m		0,0550						
VE		0,2670	d2		1,1368		R&R		0,2832						
Sigma o		0,0183	Repro				R&R%		22,2642 /VT						
VO		0,0942	m		2		R&R%		70,7943 /TOL						
			g		1										
			d2		1,41										
Rp		0,64	Peça				Nc		6,1741						
Sigma p		0,2408	m		6										
VP		1,2400	g		1										
			d2		2,67										

SISTEMA APROVADO

A Tabela 13 mostra a análise do sistema de medição da pressão da compactação da celulose feita com os dados retirados do turno da tarde. O operador e a responsável pela execução deste trabalho coletaram 6 diferentes amostras, em horários distintos e as mediram 2 vezes cada um. Pode-se observar que o sistema de medição empregado para a pressão da compactação da celulose é eficiente na classificação de peças dentro e fora de especificação ( $R\&RTol = 19,59\%$ ).

Tabela 13. Análise do sistema de medição da pressão da compactação de celulose

Ciclos Hora	Sérgio				Tatiana				Xbar
	1				1				
	AM1	AM2	Xbar	R	AM1	AM2	Xbar	R	
14:45	2,00	1,90	1,95	0,10	2,00	2,00	2,00	0,00	1,61
16:00	2,00	2,00	2,00	0,00	1,90	1,90	1,90	0,00	1,54
17:30	2,00	2,00	2,00	0,00	1,90	1,90	1,90	0,00	1,54
19:00	0,50	0,60	0,55	0,10	0,50	0,50	0,50	0,00	0,43
20:30	2,00	2,00	2,00	0,00	1,90	1,90	1,90	0,00	1,54
22:00	2,00	2,00	2,00	0,00	2,00	2,00	2,00	0,00	1,60
	Média 1,75 0,03				Média 1,70 0,00				
<b>Ro</b>	0,050	<b>Repe</b>			<b>VT</b>	2,2845			
<b>Rbar</b>	0,02	<b>m</b>	2		<b>Sigma t</b>	0,4436			
<b>Sigma e</b>	0,0144	<b>g</b>	12		<b>Sigma m</b>	0,0381			
<b>VE</b>	0,0743	<b>d2</b>	1,156		<b>R&amp;R</b>	0,1960			
<b>Sigma o</b>	0,0352	<b>Repro</b>			<b>R&amp;R%</b>	8,5785 /VT			
<b>VO</b>	0,1814	<b>m</b>	2		<b>R&amp;R%</b>	19,5973 /TOL			
		<b>g</b>	1						
		<b>d2</b>	1,41						
<b>Rp</b>	1,18	<b>Peça</b>			<b>Nc</b>	16,3758			
<b>Sigma p</b>	0,4419	<b>m</b>	6						
<b>VP</b>	2,2760	<b>g</b>	1						
		<b>d2</b>	2,67						

SISTEMA APROVADO

#### 4.4.7 Definição das responsabilidades

Nesta etapa, foram definidos os responsáveis pela coleta de dados, digitação dos dados no computador, monitoramento das cartas de controle, cálculo dos limites de controle e estudos de estabilidade e capacidade.

Durante a implantação do CEP, os dados foram coletados pelos respectivos operadores de máquina e pelas responsáveis pelo controle de qualidade, os quais eram também responsáveis pelos estudos de estabilidade e capacidade; a digitação, o monitoramento das cartas e o cálculo dos limites de controle eram realizados pela autora do trabalho.

#### 4.4.8 Definição da documentação necessária

Primeiramente foram utilizadas planilhas feitas no Programa Excel conforme demonstrada na Figura 22, para a coleta dos dados pelos operadores e pelas responsáveis pelo controle de qualidade. Depois de preenchidas, as mesmas eram repassadas para a autora do estudo para que os dados fossem digitados no *software* PROCEP para análise e definição dos limites de controle. A Figura 22 apresenta um exemplo da Planilha de uma carta de médias

utilizada para a coleta dos dados da pressão da compactação da celulose utilizada no turno da manhã, sendo que para o turno da tarde apenas alteram-se os horários. Depois que os limites de controle foram definidos no PROCEP, os mesmos foram delimitados na Planilha através de linhas mais grossas, para que os operadores pudessem visualizar mais facilmente quando o processo estava fora dos padrões solicitados.

A cada dia, nos horários estabelecidos para o monitoramento, os operadores coletavam os dados e se baseavam nos limites de controle delimitados na Planilha para saber se o processo encontrava-se dentro dos padrões pré-definidos. Se ocorresse alguma variação para fora destes limites de controle, eles descreviam no relatório (diário de bordo), os motivos das causas especiais que ocorreram durante o processo.

DIA	24/9	25/9	26/9	27/9	28/9	30/9	1/10	2/10	3/10	4/10
2,6										
2,4										
2,2										
2,0										
1,8										
1,6										
1,4										
1,2										
1,0										
0,8										

} Limites de controle  
(gráfico de controle)

07:00										
08:00										
09:00										
10:00										
11:00										
12:00										
13:00										
14:00										

} Horários de monitoramento  
(registro dos dados)

RELATÓRIO

---



---



---



---



---

} Diário de Bordo  
(anotações das causas especiais)

*Figura 22. Planilha utilizada no Posto 1 para o controle da pressão da compactação do rolo de celulose no turno da manhã*

A Figura 23 mostra a Planilha utilizada para o controle dos dados da cola no turno da tarde, sendo semelhante para o turno da manhã. Esta planilha apresenta o controle da “cola do lado de fora”, sendo que para o “lado de dentro” somente são alterados os limites de controle.

DIA	4/11	5/11	6/11	7/11	8/11	11/11	12/11	13/11	14/11	18/11
1,7										
1,5										
1,4										
1,3										
1,2										
1,1										
1,0										
0,9										
0,7										
0,5										
15:00										
15:30										
16:00										
16:30										
17:00										
17:30										
18:00										
18:30										
19:00										
19:30										
20:00										
20:30										
21:00										
21:30										
22:00										
RELATÓRIO										
_____										
_____										
_____										
_____										

Limites de controle  
(gráfico de controle)

Horários de monitoramento  
(registro dos dados)

Diário de bordo  
(anotações das causas)

Figura 23. Planilha utilizada no Posto 1 para a “cola do lado de fora” no turno da tarde

#### 4.4.9 Treinamento em CEP

O treinamento foi ministrado pela autora da dissertação. As pessoas treinadas foram os operadores, as responsáveis pelo controle de qualidade, os chefes de turma e o gerente de produção. Foram ministrados treinamentos teóricos e práticos, sendo que o teórico foi direcionado de acordo com os níveis e funções dos treinandos. Sendo assim, a gerência recebeu um treinamento integral em CEP. Já para os chefes de turma, operadores e para o controle de qualidade foi ministrado um treinamento teórico e prático sobre o preenchimento e análise de cartas de controle e as possíveis ações a serem tomadas quando da ocorrência de desvios e tendências (causas especiais) nos processos.

## **4.5 Implantação Efetiva do CEP**

A implantação efetiva compreende, de forma geral, as seguintes etapas:

a) Início do monitoramento:

O período definido para a coleta dos dados foi do dia 05 de junho a 02 de agosto de 2002. Este período pode ser considerado longo para coleta inicial de amostras, mas é necessário considerar que esta máquina produz 2 diferentes tamanhos de fraldas (pequeno e médio), por isto em alguns dias não foram coletadas amostras, pois estava sendo produzido outro tamanho de fralda que não o monitorado neste estudo.

b) Cálculo da linha central e dos limites de controle:

Os cálculos das linhas centrais e dos limites de controle foram realizados com o auxílio do software PROCEP. No caso da existência de causas especiais, estas foram desconsideradas do cálculo dos limites de controle. O recálculo dos limites de controle será feito periodicamente, geralmente uma vez por mês ou conforme a necessidade que for verificada pela gerência.

### **4.5.1 Análise da estabilidade dos processos**

Depois de coletados os dados e calculados os limites de controle, iniciou-se outro período de coleta de dados, que estendeu-se de 24 de setembro à 27 de dezembro de 2002, onde efetivamente implantou-se o CEP.

A análise da estabilidade dos processos foi feita nos próprios postos de controle pelos responsáveis pelo preenchimento das cartas, que foram previamente treinados na identificação das causas comuns e especiais e instruídos das ações corretivas a serem tomadas quando da ocorrência de causas especiais.

Os dois primeiros gráficos apresentados em cada item de controle são as Cartas de Controle obtidas antes da implantação efetiva do CEP, onde os operadores desconheciam seus procedimentos e foram orientados a coletar os dados sem saber a que fim específico se destinava, e em seguida, são apresentadas as Cartas de Controle obtidas depois da implantação do CEP, onde todos já estavam instruídos e treinados para a implantação do programa e para as ações que deveriam ser realizadas quando da ocorrência de uma causa especial.

Foi a partir destas comparações, que os operadores puderam constatar como o processo produtivo da empresa era instável, ocorrendo variações intensas que distorciam

completamente a qualidade do produto final e a importância de se delimitar limites de controle para tornar o processo estável e confiável.

### 1) Item de Controle – Análise da Pressão na Compactação da celulose da fralda:

Os dados do item de controle “Análise da pressão na compactação da celulose” apresentados nas Figuras 24 e 25 foram coletados no período de 05 de junho a 15 de agosto de 2002, nos dois turnos de trabalho da empresa, pelos dois operadores responsáveis por cada turno, totalizando 50 amostras (25 de cada turno). Os períodos de coleta não foram contínuos, pois neste intervalo a máquina produziu tamanho de fraldas não contemplados neste trabalho (tamanho de fralda P).

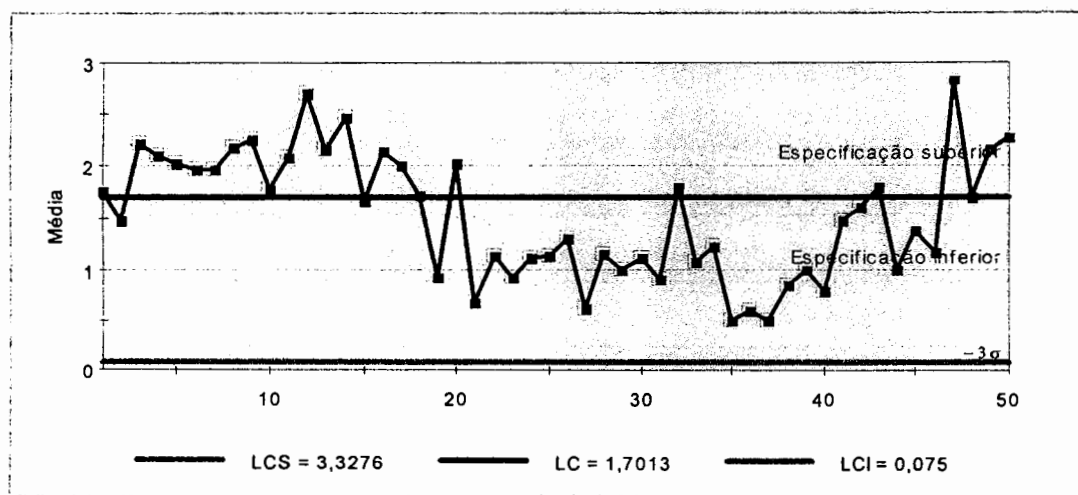


Figura 24. Carta de controle para médias referente à pressão na compactação da celulose

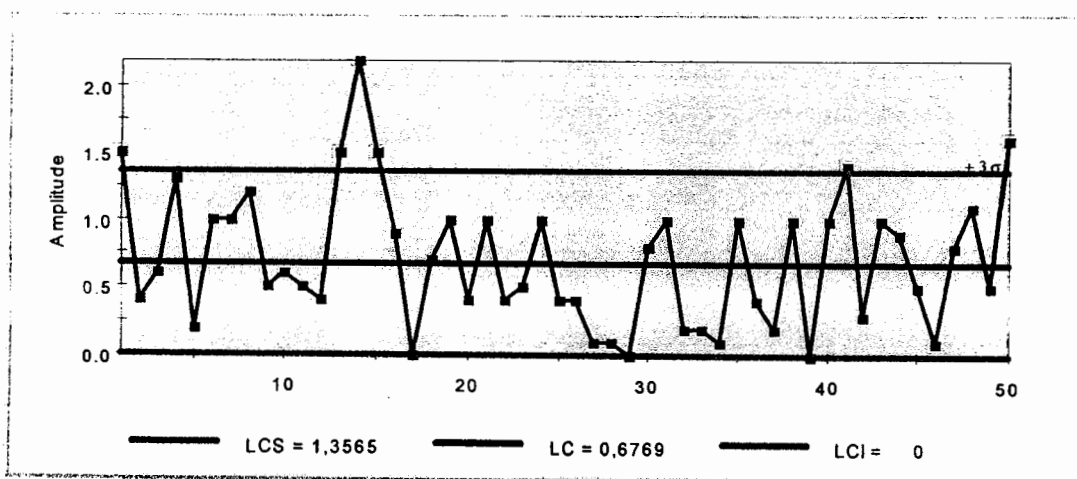


Figura 25. Carta de controle para amplitudes referentes à pressão na compactação da celulose

Pode-se observar que a variação do processo é intensa, por isto a preocupação da empresa em ser capaz de identificar as causas que levam a esta variação e avaliar a viabilidade de investimentos no processo.

No caso da pressão da compactação da celulose, verifica-se que o processo não está sob controle estatístico, totalizando 37 causas especiais das 50 amostras coletadas. Depois de obtidos os limites de controle, os dados foram novamente coletados, para este item no período de 24 de setembro a 19 de novembro de 2002. Os operadores já estavam instruídos quanto às normas e procedimentos do CEP e, à medida que variações para fora dos limites de controle foram surgindo, eles corrigiam os defeitos buscando imediatamente suas causas. No período em que foram coletadas as novas amostras, as Cartas de Controle obtidas são demonstradas nas Figuras 26 e 27.

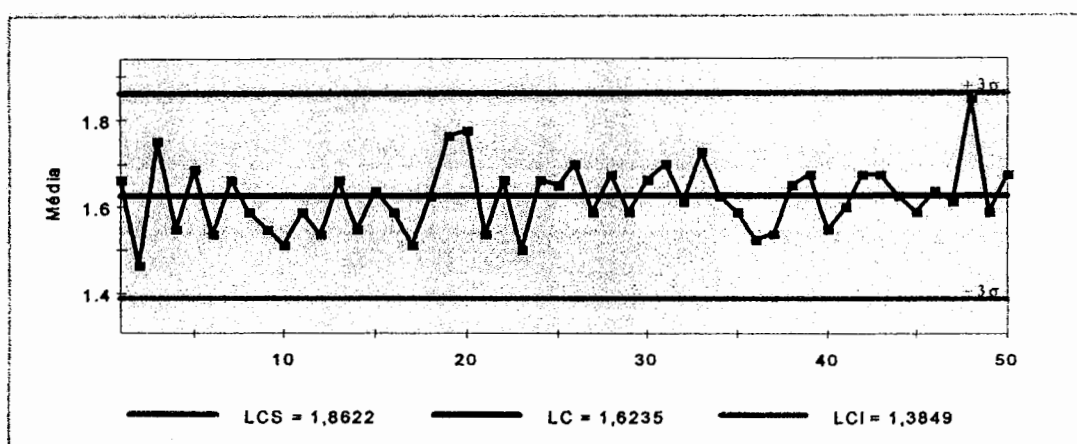


Figura 26. Carta de controle para médias referente à pressão da compactação da celulose

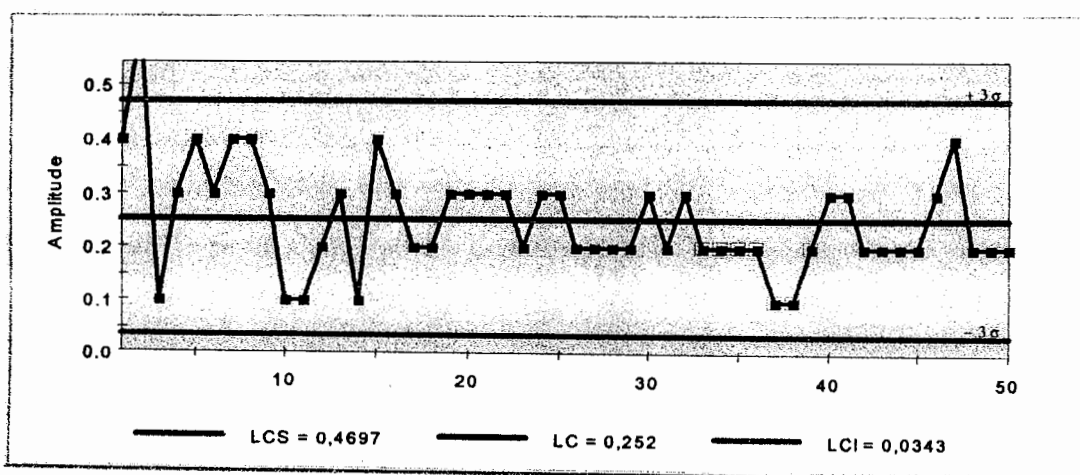


Figura 27. Carta de Controle para amplitudes referente à pressão da compactação da celulose

Pode-se observar nos Gráficos de Controle acima que ainda ocorreram 7 causas especiais na Carta de Controle da Figura 27, durante o período de análise, que foram eliminadas para fins de cálculo dos limites de controle e que estavam todos situados abaixo dos respectivos limites. De acordo com o diário de bordo feito pelos operadores, todas as causas especiais que ocorreram se devem à variação da umidade da celulose utilizada pela empresa no processo de produção, o que faz com que seja necessário ficar constantemente controlando a pressão dada na compactação. O grau de umidade torna a manta de celulose ou mais pesada e compacta ou mais leve e grossa, sendo neste caso necessário compactar mais a celulose. Qualquer descuido do operador faz com que estas causas especiais apareçam, mas observa-se que a qualidade irregular da matéria-prima é que está originando a alta variabilidade das causas comuns existentes no processo.

## 2) Item de Controle – Quantidade de Gel:

Os dados obtidos neste processo foram coletados no mesmo período do item de controle anterior, pelos mesmos operadores. As quantidades de amostras também foram as mesmas, obtendo-se as seguintes Cartas de Controle, conforme as Figuras 28 e 29.

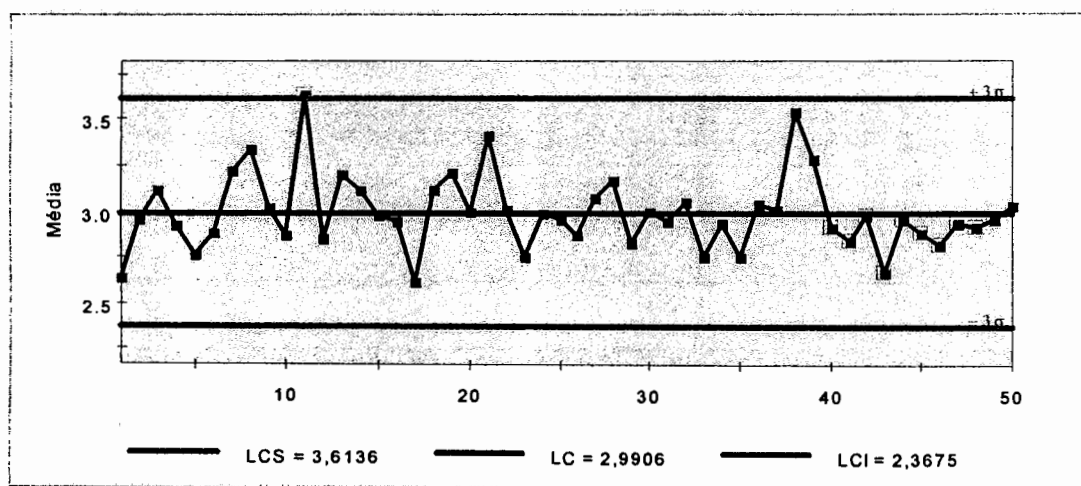
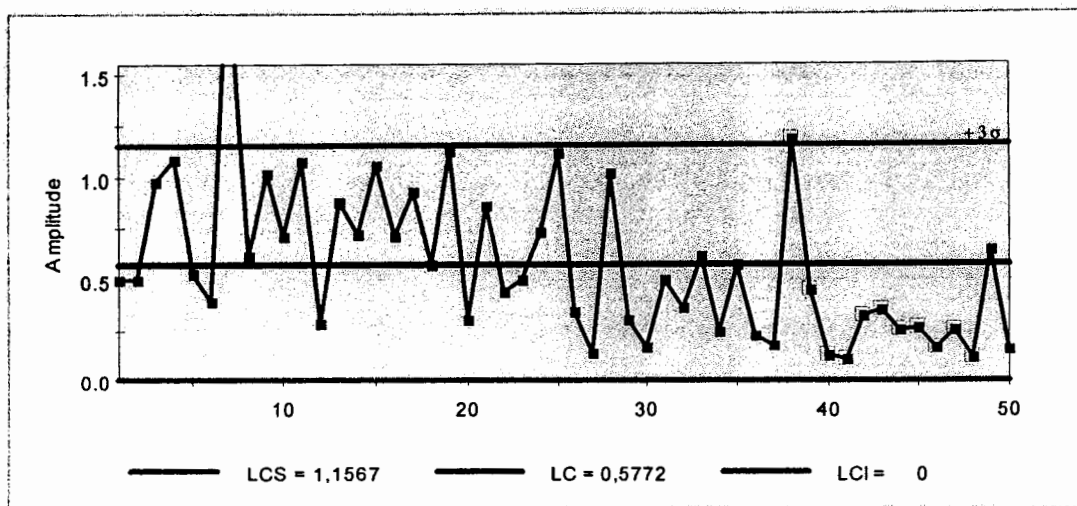


Figura 28. Carta de Controle para médias do gel





*Figura 29. Carta de controle para amplitudes do gel*

Neste processo, encontrou-se 23 causas especiais nas 50 amostras coletadas, mostrando a instabilidade do processo em questão. Este item de controle é o mais representativo financeiramente para a empresa, mas durante a Pesquisa deparou-se com um problema que não tinha sido visto anteriormente. Com o tipo de CLP (Controlador Lógico Programável) existente no processo, é possível controlar previamente a quantidade de gel que deverá ser colocada em cada fralda, mas não pode-se controlar a variação existente com o mesmo em funcionamento. Por isto, mesmo com os limites de controle calculados, não foi possível controlar a quantidade pulverizada do gel em cada fralda. O CLP permite a alteração da quantidade pulverizada a qualquer momento, mas como sua aplicação é pneumática e inconstante, não é possível medir, com o processo em funcionamento, se estão ocorrendo variações nesta quantidade.

Para fins deste trabalho, este item de controle teve que ser deixado de lado, mas no momento em que a empresa conseguir adquirir um novo equipamento, o CEP será novamente acionado para garantir a qualidade dos produtos fabricados.

### **3) Item de Controle – Quantidade de cola no lado de dentro:**

Os dados da cola foram coletados no período de 05 de junho a 02 de agosto de 2002, nos dois turnos de produção e pelas responsáveis pelo controle de qualidade da empresa. Foram coletadas 252 amostras neste período, totalizando 1.260 observações. Os dados coletados estão demonstrados nas Figuras 30 e 31. Pode-se observar que o processo não se encontra sob controle estatístico, sendo identificadas 178 causas especiais.

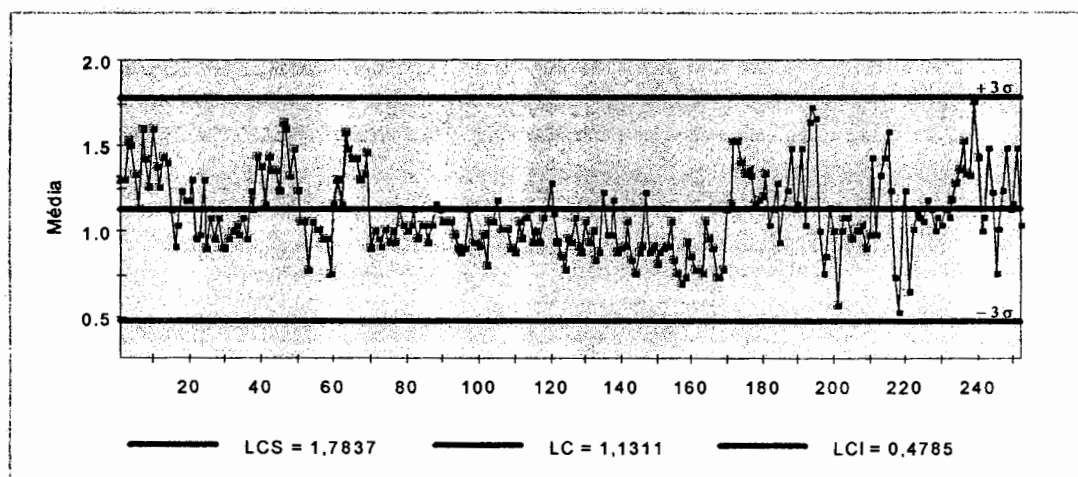


Figura 30. Carta de controle para médias da quantidade de cola do lado de dentro

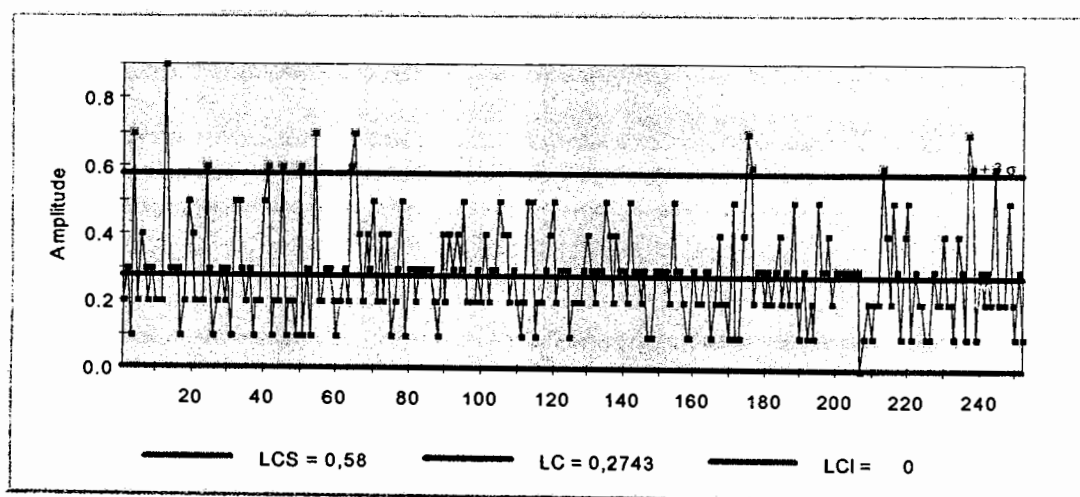


Figura 31. Carta de controle para amplitudes da quantidade de cola do lado de dentro

Depois de calculados os limites de controle, um novo período de coleta de dados se estendeu de 23 de outubro a 13 de dezembro de 2002. Conforme citado no item 4.4.2 é a partir deste momento que o Posto 1 (Operação) começou a monitorar este item de controle, pois são os operadores os responsáveis pelo funcionamento da máquina. Apesar disto, o Posto 2 (Controle) continuou colaborando, anotando os dados necessários e repassando ao Posto 1 se as medidas estavam dentro dos limites de controle. As Cartas obtidas são demonstradas a seguir nas Figuras 32 e 33.

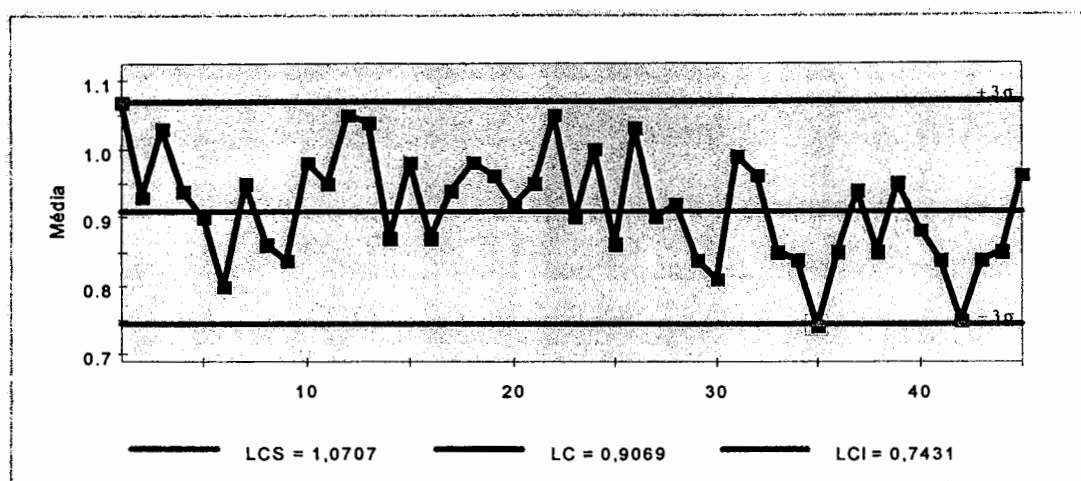


Figura 32. Carta de controle para médias da quantidade de cola do lado de dentro

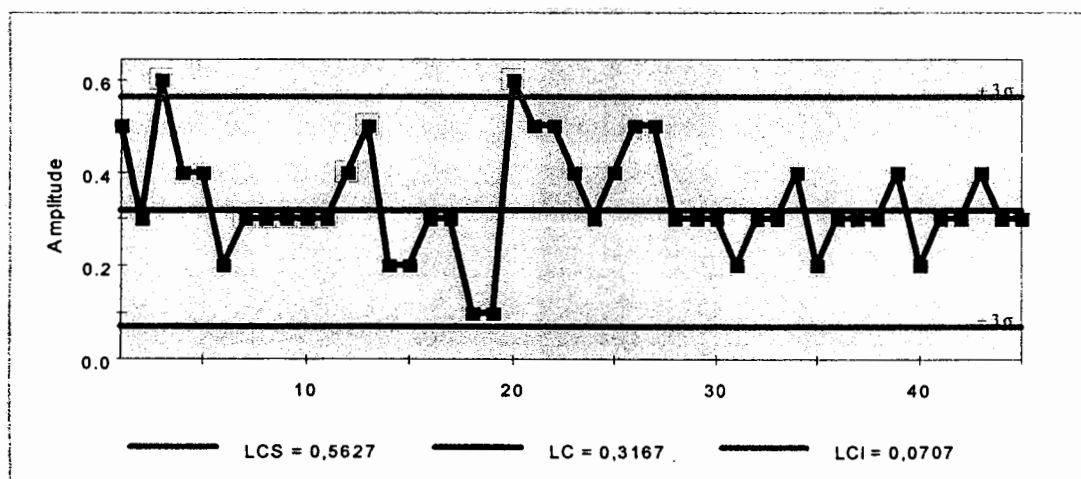


Figura 33. Carta de controle para amplitudes para quantidade de cola do lado de dentro

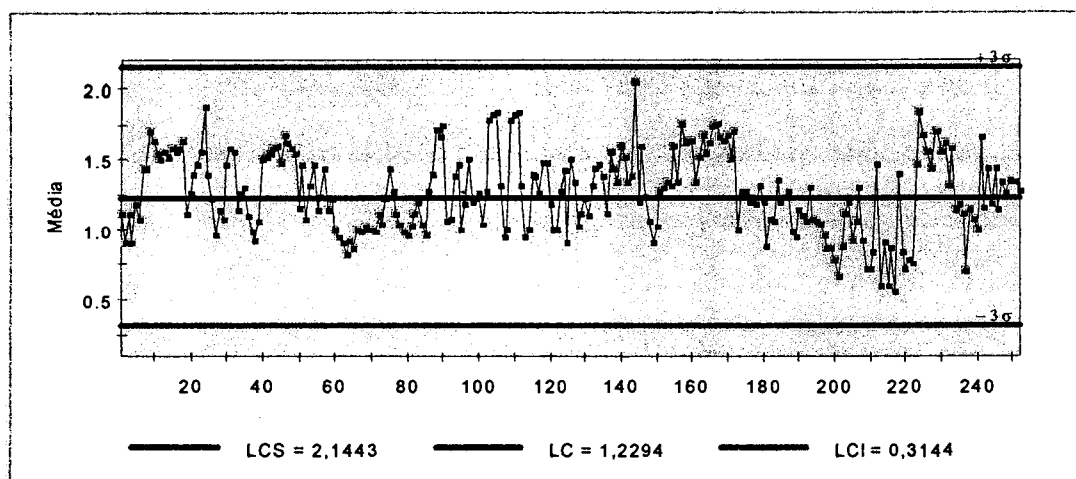
O intervalo de análise compreendeu 45 subgrupos totalizando 450 observações e o processo se mostrou instável, apresentando 9 causas especiais. De acordo com o diário de bordo dos operadores, os problemas ocorridos se deram pela pressão dada na válvula, que quando está muito forte, aumenta a quantidade de cola que sai em *spray*, ocorrendo desperdícios, assim como também houve problemas no bico de *spray*, que entupiu e não aplicou a quantidade de cola necessária para a colagem correta da fralda.

#### 4) Item de Controle – Quantidade de cola do lado de fora:

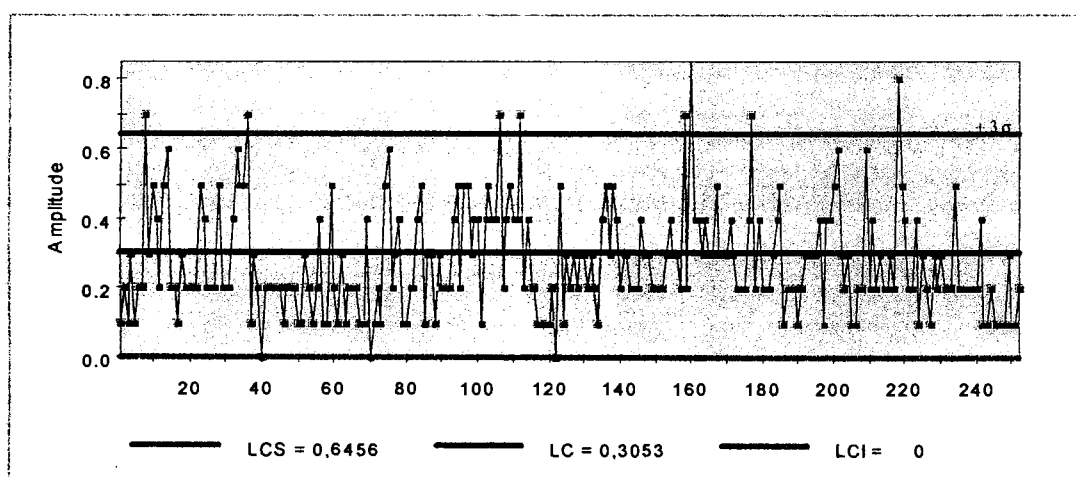
O período das amostras coletadas foi exatamente o mesmo do item de controle

anterior, assim como a quantidade das amostras e as pessoas que as coletaram. Foram identificadas preliminarmente 158 causas especiais neste item de controle.

Nas Figuras 34 e 35 estão apresentadas as Cartas de controle encontradas.



*Figura 34. Carta de controle para médias da quantidade de cola do lado de fora*



*Figura 35. Carta de controle das amplitudes da quantidade de cola do lado de fora*

A coleta de dados da segunda etapa deste item contém também a mesma quantidade de dias do item anterior, totalizando 45 subgrupos com 450 observações, que compreendeu do dia 23 de outubro a 13 de dezembro de 2002. Este item de controle não apresentou causas especiais, o que caracteriza um processo estável. Os procedimentos que a empresa deve ter são os mesmos dos demais itens de controle. Deste modo, precisa criar procedimentos para que os bicos de cola sejam sempre limpos e verificados antes do processo funcionar, e para as válvulas de ar que impulsionam a cola do coleiro para os bicos.

As cartas de controle obtidas na segunda etapa de coleta de dados são apresentadas nas Figuras 36 e 37.

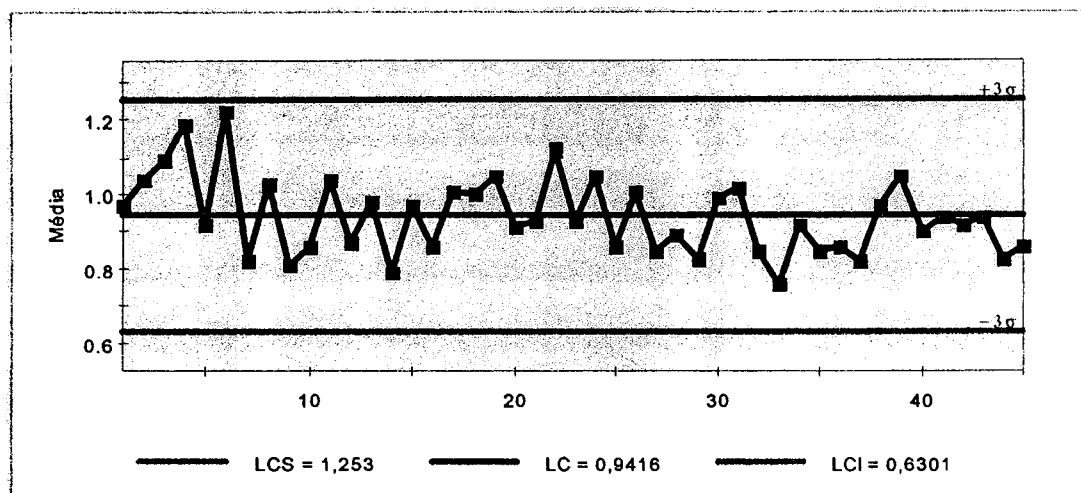


Figura 36. Carta de controle para médias da quantidade de cola do lado de fora

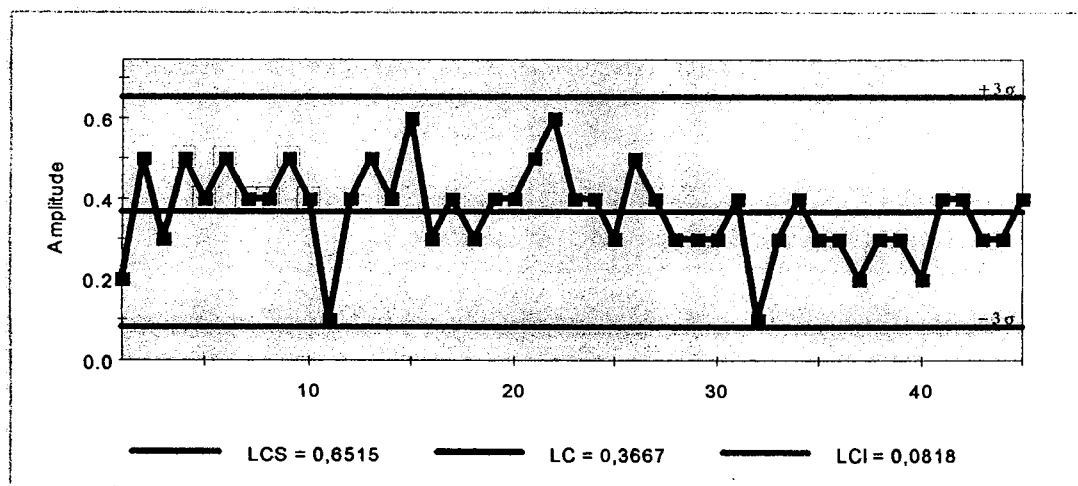


Figura 37. Carta de Controle para amplitudes da quantidade de cola do lado de fora

##### 5) Item de Controle – Número de fraldas sem fita adesiva:

Este item de controle é do tipo atributo. A não existência das duas fitas adesivas que compõem a fralda é um item que compromete muito a qualidade do produto. Sem a presença da fita adesiva ou a mesma estando mal posicionada não é possível fechar a fralda da maneira adequada. A Carta de Controle do período que compreendeu o dia 27 de junho a 28 de setembro de 2002 (neste item ocorreram algumas interrupções na coleta dos dados, pois foi dada maior importância aos outros itens anteriores) é mostrada na Figura 38.

Este item de controle não foi separado em duas etapas pois o início da coleta dos dados foi posterior aos outros itens de controle e não havia necessidade de mostrar aos operadores a existência de variação no processo, pois todos já sabiam do problema da falta de fita adesiva nas fraldas, mesmo com a existência de um sensor de presença da mesma na máquina.

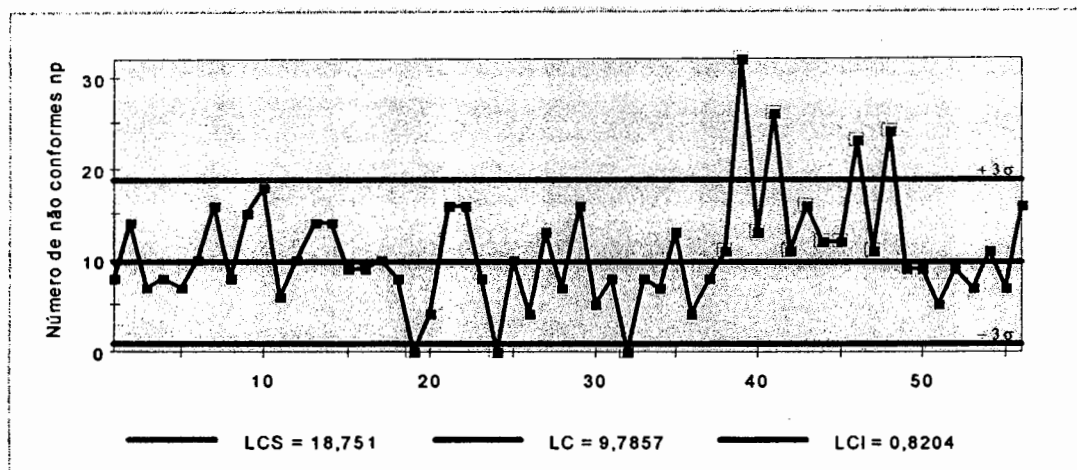


Figura 38. Carta de controle para atributos do tipo np para o controle do número de fraldas sem fita adesiva

Cada turma, a cada dia coletou um total de 112 amostras e como pode-se observar, o processo também não é estável, pois foram verificadas 14 causas especiais dentro do processo. O conjunto da fita, como é chamado na empresa, é um sério problema que vem comprometendo, e muito, a qualidade do produto. Quando a temperatura ambiente começa a subir, a temperatura do coleiro fica suscetível ao calor externo, aquecendo demais a cola que se dilui mais do que o necessário e começa a acumular e a se sobrepôr na navalha, comprometendo além do corte da fita, a presença dela em algumas fraldas.

#### 4.5.2 Análise da capacidade do processo

A análise da capacidade do processo tem por finalidade avaliar a real capacidade do processo depois de eliminadas as causas especiais, para que seja possível comparar sua variabilidade natural (causas comuns) com as especificações exigidas pelo cliente. No Estudo, será realizada a análise de capacidade desconsiderando-se as causas especiais, pois a empresa deseja saber se será necessário atuar também sobre as causas comuns do processo. A análise de capacidade considerou somente a segunda etapa da coleta dos dados, pois como a maioria

dos processos não eram estáveis nem na segunda fase desta coleta de dados durante a análise de estabilidade, não haveria necessidade de comparação com a primeira fase da coleta.

**1) Item de Controle – Análise da Pressão na Compactação da celulose da fralda:**

A especificação inferior definida para este item de controle foi de 1cm e a superior de 2cm, com um alvo de 1,5cm. A média encontrada foi de 1,6235, deslocada para cima do alvo com um desvio padrão de 0,225.

Com a utilização do *software* PROCEP, obtém-se o Gráfico da Figura 39, onde observa-se que este processo da fabricação da fralda é potencialmente não capaz ( $C_p = 0,7409$ ), com uma média ligeiramente deslocada para cima do alvo, com 95,0082% dos itens dentro das especificações exigidas.

O  $C_{pk}$  foi de 0,5578, indicando um processo efetivamente não capaz. O percentual da pressão da compactação da celulose acima das especificações foi igual a 4,7123%, abaixo das especificações foi de 0,2795% e fora das especificações é de 4,9918%.

Simulando no *software* do PROCEP a centralização do processo, obtém-se um percentual de 97,371% da pressão dentro das especificações. Como a máquina está produzindo atualmente 140 peças por minuto (considerando que a fábrica trabalhe 16 horas/dia ininterruptamente), com a fralda a um preço de custo de R\$ 0,25 por peça, a empresa estaria perdendo R\$ 1.583,33 por dia (134.400 peças p/dia x 4,9918% = 6.708,97 peças com a pressão acima das especificações x R\$ 0,25p/peça = R\$ 1.677,24). Neste caso, fez-se o cálculo considerando o valor total da fralda (R\$ 0,25), pois neste item de controle quando a peça está fora de especificação a mesma é considerada como refugo. Centralizando o processo sem considerar o valor do investimento, o ganho seria de R\$ 793,89 por dia, o que representa um valor significativo para se ter retorno no investimento a curto prazo.

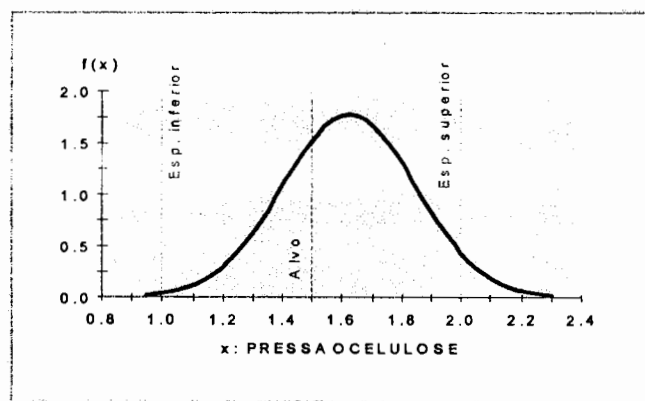


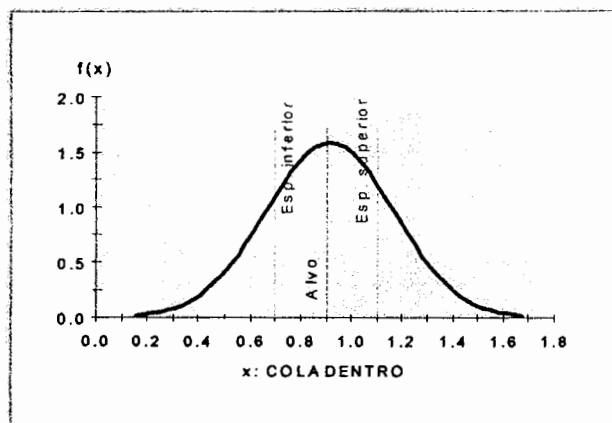
Figura 39. Análise de capacidade da pressão na compactação da celulose

O que não se pode esquecer nesta análise é que o processo é instável e o estudo de capacidade que está sendo realizado serve apenas para apresentar os dados históricos do processo, não podendo ser utilizado para previsões futuras.

## 2) Item de Controle – Quantidade de cola no lado de dentro:

Neste item de controle deparou-se com um processo potencialmente e efetivamente não capaz de atingir as especificações exigidas. Para que a empresa não desperdice matéria-prima e para que o produto chegue ao cliente com qualidade, é necessário que a cola seja aplicada na fralda com no mínimo 0,7cm de largura cobrindo a lycra e com no máximo 1,1cm para que não haja desperdícios sendo o valor alvo de 0,9cm.

A média encontrada foi de 0,9158, que estava centrada no alvo com um desvio padrão de 0,2524. O  $C_p$  de 0,2641 indica que o processo é potencialmente não capaz e o  $C_{pk}$  foi de 0,2433, indicando um processo efetivamente não capaz. Os resultados obtidos estão demonstrados na Figura 40.



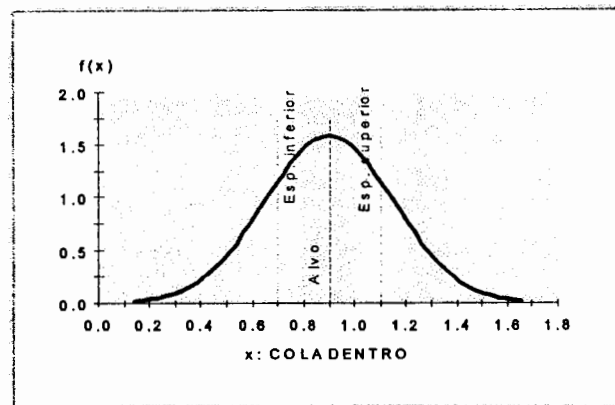
*Figura 40. Análise de capacidade da quantidade de cola do lado de dentro*

O processo não é capaz de atender às especificações exigidas pois a variabilidade dos dados devido às causas comuns de variação é maior do que a amplitude das especificações do produto. Como o  $C_{pk}$  é menor do que o valor de  $C_p$ , indica um processo descentrado e, sendo potencialmente não capaz, a empresa deve reduzir a variabilidade associada as causas comuns, o que é mais difícil de se conseguir.

Neste item, a empresa precisa tomar alguns cuidados especiais. Tem-se 57,0967% dos itens dentro das especificações, conseqüentemente existem 42,9033% de itens fora de especificação, sendo que 23,2734% dos itens estão acima das especificações, o que significa que a empresa está desperdiçando matéria-prima, colocando mais cola do que o necessário.



Tem-se 19,6299% dos itens que estão abaixo das especificações, o que significa dizer que estão com pouca cola, o que aumenta as possibilidades da fralda se abrir, soltando a celulose e o gel, o que ocasiona vazamentos. A centralização do processo está demonstrada na Figura 41.



*Figura 41. Análise da capacidade da quantidade de cola do lado de dentro com o processo centralizado*

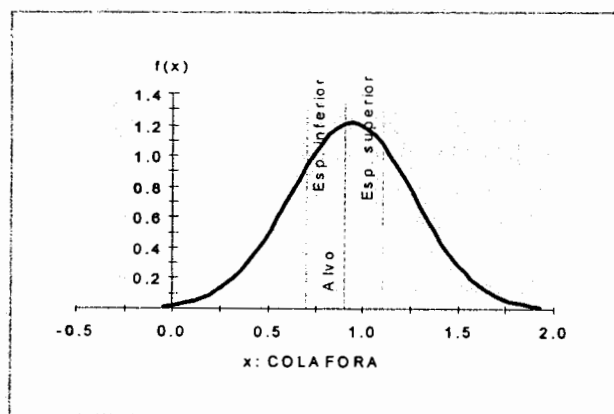
Com o processo centrado, o percentual de itens dentro das especificações aumenta para 57,1863%, mas vê-se que o percentual abaixo das especificações também aumenta de 19,6299% para 21,4069%, o que pode piorar a qualidade da fralda perante os consumidores, pois a quantidade de cola que está sendo colocada não atinge a quantidade mínima para o bom fechamento da fralda. O percentual dos itens acima das especificações também cai um pouco e vai de 23,2734% para 21,4069%.

A cola representa 1,26% do peso da fralda e custa R\$ 8,35/kg e, considerando que o tamanho de fralda M pese 35 gramas, gasta-se em média 59kg de cola/dia, totalizando R\$ 492,65. Como o percentual dos itens acima das especificações cai de 23,2734% para 21,4069%, significa que 1,8665% dos itens por dia estão sendo melhorados, obtendo-se uma economia mensal de cola de apenas R\$ 183,90 centralizando o processo. Quanto aos itens abaixo de especificação não pode-se considerar uma economia para a empresa, pois é uma redução na qualidade da fralda perante os consumidores, pois a mesma pode se abrir e ocasionar vazamentos.

### **3) Item de Controle – Quantidade da cola no lado de fora:**

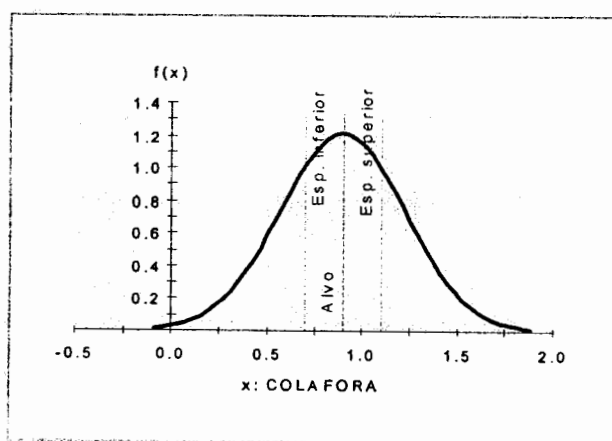
Verifica-se que o processo também é potencialmente e efetivamente não capaz, não atingindo as especificações exigidas. As especificações definidas são de 0,7cm e 1,1cm, assim como o alvo de 0,9cm. A média encontrada foi de 0,9416, deslocada para cima do alvo com

um desvio padrão de 0,3283. O  $C_p$  foi de 0,2031, indicando um processo potencialmente não capaz e o  $C_{pk}$  foi de 0,1609, indicando um processo efetivamente não capaz. O percentual dentro das especificações encontrado foi 45,4386%, com um percentual acima das especificações de 31,4686%, 23,0928% abaixo das especificações e 54,5616% fora das especificações. A Figura 42 apresenta a análise de capacidade da quantidade de cola do lado de fora.



*Figura 42. Análise de capacidade da quantidade de cola do lado de fora*

A mesma análise feita no item anterior merece ser feita neste item, por isto se faz necessária a simulação dos dados com a centralização do processo, mostrado na Figura 43:



*Figura 43. Análise de capacidade da quantidade de cola do lado de fora com o processo centralizado*

A centralização do processo não se faz útil porque não vale o investimento. Do mesmo modo que a análise feita na cola do lado de dentro, consegue-se uma economia mensal de apenas R\$ 31,52, pois o percentual dos itens fora de especificação cai de 54,5616% para

54,2413%. Consegue-se uma economia maior quando centramos o processo nos itens acima das especificações que cai de 31,4686% para 27,1207%, obtendo-se uma economia mensal de R\$ 427,62. O percentual dos itens abaixo das especificações aumenta de 23,0928% para 27,1207%, o que torna a fralda mais suscetível à reclamações dos clientes pois mais fraldas estão sendo produzidas sem possuir a quantidade mínima necessária de cola para seu fechamento, ocasionando maior facilidade para a mesma se abrir e soltar a polpa da celulose.

#### 4) Item de Controle – Número de Fraldas sem fita adesiva

Este é o único item de controle estudado do tipo atributo e verifica-se na Figura 44 que o processo é do tipo não capaz, apresentando um  $C_p = 0,4088$ . A especificação superior é de 4 fraldas.

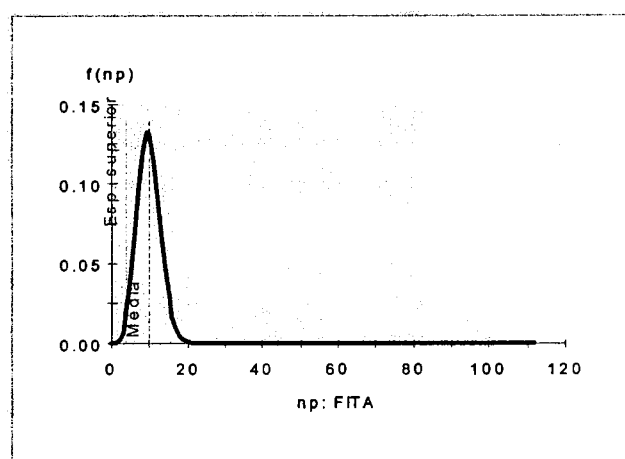


Figura 44. Análise de capacidade do número de fraldas sem fita adesiva

Com estes resultados, a gerência deve analisar o que está ocasionando este defeito no processo, pois já existe um sensor de presença específico para verificar e avisar aos operadores da inexistência da fita na fralda e, mesmo assim, ainda saem produtos defeituosos e sem esta fita. Foi verificado durante esta análise que as diferenças nas características de qualidade das matérias-primas originam a alta variabilidade das causas comuns existentes no processo de colocação da fita adesiva na fralda.

#### 4.5.3 Quantificação das perdas de qualidade no processo produtivo

Nesta etapa, realiza-se o cálculo da função de perda de Taguchi para estimar os custos da má qualidade.

Nos itens de controle que foram analisados para este Estudo, a empresa perde em má qualidade e estes defeitos geram retrabalho, sucata, insatisfação do cliente, assim como perda

de tempo tanto para a empresa, quanto para seus funcionários e clientes. A análise da Função de Perda de Taguchi realizadas pelo *software* PROCEP para as perdas incorridas na pressão da compactação de celulose, na “cola do lado de dentro” e na “cola do lado de fora” são apresentadas a seguir, respectivamente nas Figuras 45, 46 e 47.

A análise da perda foi feita em duas etapas, do mesmo modo que a análise de estabilidade, para demonstrar as perdas incorridas pela empresa antes do início deste estudo e depois do mesmo iniciado.

### 1) Função Perda da pressão da compactação da celulose

Para análise tanto da Figura 45 como da Figura 46, foi utilizado um coeficiente de perda igual a 1 ( $k = 1$ ), obtido pela divisão do custo de reparo ou substituição do produto (R\$ 0,25 por fralda) com o desvio da meta que exigiria reparo ou a substituição do produto (0,5 Kg/cm<sup>2</sup>), conforme equação 28 do capítulo 2. A Figura 45 ilustra as perdas incorridas pela empresa no início deste estudo.

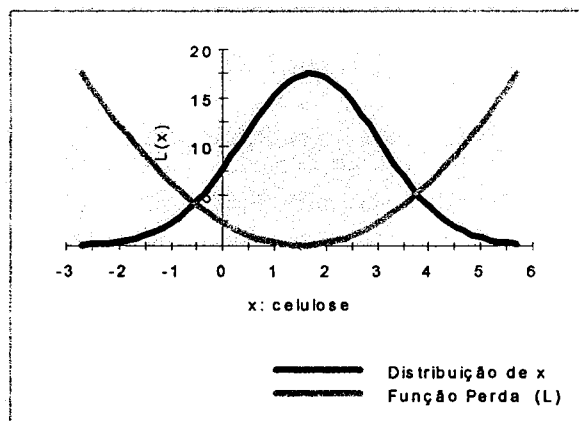


Figura 45. Análise da perda para a pressão da compactação da celulose no início do estudo

A empresa tinha uma perda média por unidade de R\$ 1,8036/fralda, com uma média de 1,7013 e desvio padrão de 1,3278, com um alvo em 1,5cm. Depois que o estudo teve início e os operadores começaram a controlar as variações ocorridas, obteve-se uma perda média por unidade de R\$ 0,0659/fralda. Os resultados obtidos podem ser observados na Figura 46.

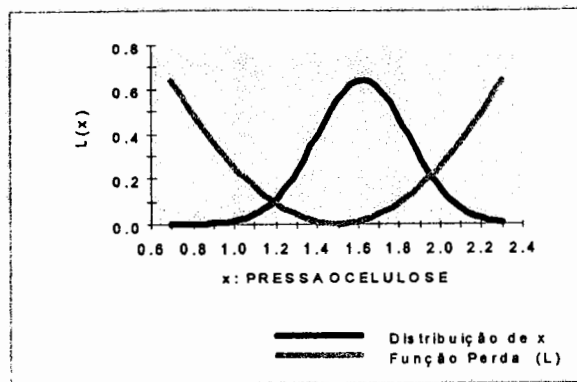


Figura 46. Análise da perda para a pressão da compactação da celulose

A média obtida é de 1,6235, com um desvio padrão de 0,225, onde o alvo desejado era de 1,5cm. Pode-se observar que as perdas incorridas na pressão da compactação de celulose devido a desvios do alvo e que foram obtidas a partir da equação 29 do capítulo 2 representam 23,16%, e a desvios de variabilidade, 76,84%. Para comprovar isto, vê-se na análise deste lote um  $Q = 0,5489 < 1$ , indicando que a gerência vai ter dificuldades para melhorar este processo, pois as perdas devido à variabilidade são preponderantes. Obteve-se uma perda média unitária de 0,0659/fralda neste lote e se o processo for centrado, reduz-se a perda média unitária para R\$ 0,0506/fralda.

A máquina atualmente não está trabalhando com sua plena capacidade produtiva de 350 peças/min, e sim, produzindo uma média de 140 peças/min, totalizando 134.400 peças/dia (16 hrs x 140 peças/min). Antes da implantação do CEP a perda por unidade produzida era de R\$ 1,8036/fralda. Com o processo atual, não centrado, a empresa está perdendo R\$ 8.856,96 por dia (R\$ 0,0659/fralda x 134.400 peças/dia). Simulando-se a centralização do processo, a empresa perde R\$ 6.800,64 por dia (R\$ 0,0506/fralda x 134.400 peças/dia), ocorrendo uma economia de R\$ 2.056,32 por dia, sendo este valor perdido ainda consideravelmente alto para a empresa.

Como este é um processo difícil de se atuar e deve-se trabalhar preponderantemente na tecnologia do processo, a empresa deve buscar no mercado outro tipo de “formador de manta” chamado “draw-form” que através da pressão por vácuo compacta bem melhor a celulose. Este equipamento novo custa em torno de U\$ 50.000 e a empresa precisa buscar recursos no governo para adquiri-lo. Esta seria uma solução a médio prazo, pois sabe-se que a qualidade do produto final obtida com este equipamento em outras empresas é inquestionável.

Vale ressaltar que as causas especiais continuam existindo no processo e foram retiradas para dar continuidade neste trabalho nos dados históricos da empresa. Uma das

soluções para acabar com as causas especiais seria a troca do fornecedor desta matéria-prima, e neste caso, por não haver similar nacional, a empresa deve comprar celulose importada que varia de acordo com o dólar comercial. O preço da celulose importada, transformada em moeda nacional, está em torno de R\$ 1.850,00/ton.

Fabricando uma média de 134.400 peças/dia, sabe-se que a celulose representa 63,714% do peso da fralda que totaliza 35 gramas, a empresa gastaria R\$ 4.661,42 por dia utilizando a celulose nacional e R\$ 5.537,28 utilizando a importada, com uma diferença de R\$ 875,85. Esta diferença de valor é bem significativa se for considerado o total por mês que este valor alcança (R\$ 17.517,00), mas não é possível mensurar neste trabalho qual o rendimento da celulose importada na produção em comparação com a nacional.

Normalmente quando o cliente exige a substituição de um produto defeituoso, indeniza-se com um ou dois pacotes de fraldas, e é dentro destes parâmetros que deve se comparar o que seria mais viável para a empresa. E o mais importante de tudo é que tem-se conhecimento que o cliente deixa de comprar o produto se o defeito reincidir, por isto é mais viável fazer a troca da matéria-prima do que continuar perdendo clientes.

## 2) Função Perda da quantidade de cola do lado de dentro

No estudo da perda da quantidade de cola, como a perda é assimétrica foram calculados dois valores diferentes para  $k$ , um para cima da especificação e outro para baixo da especificação. O valor para baixo da especificação ( $k = 6,25$ ) foi obtido através da divisão do custo de reparo/substituição de R\$ 0,25/fralda com um desvio da meta de 0,2cm. O valor para cima da especificação ( $k = 0,0965$ ) foi obtido pelo acréscimo no custo da fralda da quantidade de cola que vai a mais em cada uma com um desvio da meta de 0,2cm.

A Figura 47 mostra as perdas incorridas pela empresa na primeira coleta de dados, antes de iniciado o estudo.

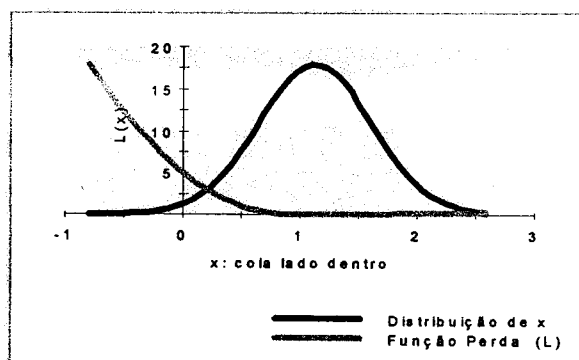


Figura 47. Análise da perda da quantidade de cola do lado de dentro no início do estudo

Sendo o alvo desejado 0,9cm, obteve-se uma média de 1,1311, um desvio padrão de 0,4864 e uma perda média unitária de R\$ 0,3453/fralda. O  $Q = 0,4751 < 1$ , indica que as perdas devido a variabilidade são preponderantes.

A Figura 48 mostra os resultados obtidos com a implantação do CEP.

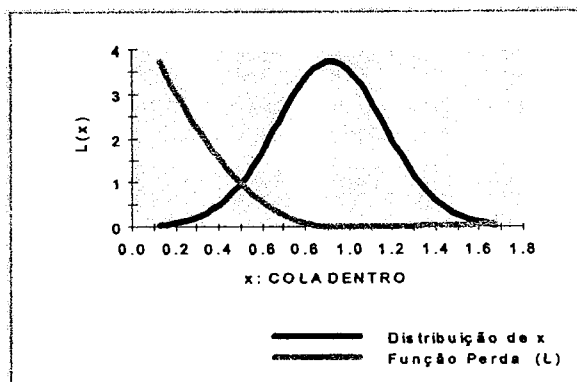


Figura 48. Análise de perda da quantidade de cola do lado de dentro

Sendo o alvo desejado 0,9cm, obteve-se uma nova média depois da implantação de 0,9158 e um desvio padrão de 0,2524. Com isto, tem-se uma perda média por unidade de R\$ 0,1879/fralda.

As perdas devido aos desvios do alvo quando os itens estão acima da especificação é de 0,39% e quanto ao desvio de variabilidade é de 99,61%, obtidas também através da equação 29 mostrada no capítulo 2. Como  $Q = 0,0626 < 1$ , perto de zero, a perda devido a variabilidade é preponderante, fazendo com que os problemas de qualidade sejam basicamente devidos à dispersão. As perdas devido ao desvio do alvo quando os itens estão abaixo da especificação é de 0,39% e quanto ao desvio de variabilidade é de 99,637%.

Pode-se observar que a perda que a empresa incorria antes de iniciada a implantação do CEP era de R\$ 0,3453/fralda, valor este bem maior que o custo da própria fralda, indicando que o CEP neste caso serviu para indicar que as perdas devido à variabilidade são preponderantes. Depois de implantando o estudo, as perdas se reduziram para R\$ 0,1879/fralda, valor ainda um tanto alto, demonstrando que mesmo que se reduza as causas especiais do processo, é necessário se alterar o processo produtivo.

Para melhorar o sistema, é necessário investir nos compressores de ar, o que gera um investimento em média de R\$ 6.000,00 cada um (a empresa conta com 4 compressores, sendo que 2 exclusivamente para a máquina utilizada no processo estudado). Os bicos de cola custam U\$ 150 cada um e as válvulas de ar custam U\$ 200 cada. A empresa deve investir no equipamento para alterar o processo, pois o investimento irá se pagar a curto prazo.

### 3) Função Perda da quantidade de cola do lado de fora

Para se obter a análise da Figura 49 utilizou-se os mesmos dados do item de controle da quantidade de cola do lado de dentro, com um  $k = 6,25$  para os itens abaixo da especificação e  $k = 0,0965$  para os itens acima da especificação.

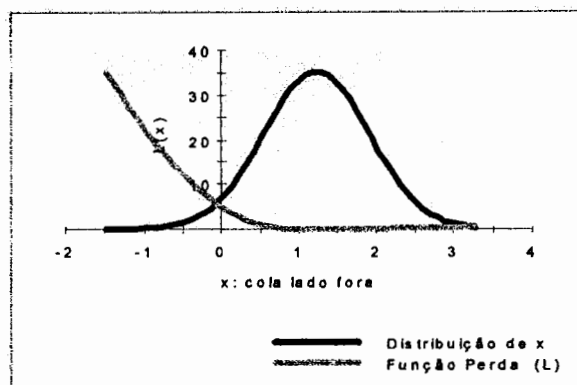


Figura 49. Análise da perda da quantidade de cola do lado de fora no início do estudo

Para um alvo de 0,9cm, obteve-se uma média de 1,2294 e um desvio padrão de 0,682, com uma perda média unitária de R\$ 0,668/fralda e um  $Q = 0,483 < 1$ , demonstrando que a perda devido a variabilidade é preponderante.

Quando os operadores começaram a atuar no processo, obtém-se os resultados contidos na Figura 50, tendo um alvo de 0,9cm.

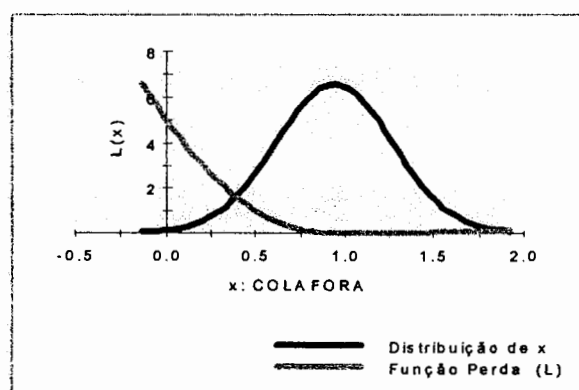


Figura 50. Análise da perda da quantidade de cola do lado de fora

Obtém-se uma média de 0,9416, um desvio padrão de 0,3283 e uma perda média por unidade no lote de R\$ 0,289/fralda com um  $Q = 0,1267 < 1$ , indicando que a perda devido a variabilidade é preponderante. As perdas devidas ao desvio do alvo encontradas através da equação 29 quando os itens estão acima da especificação é de 1,58% e devido ao desvio da variabilidade de 98,42%. Quando os itens estão abaixo da especificação encontra-se, respectivamente os valores 1,579% e 98,42%.



Os motivos das perdas incorridas pela empresa neste item são os mesmos que no item de controle anterior, com as mesmas causas e soluções comentadas anteriormente.

A perda incorrida no item de controle “existência da fita” não foi analisado por ser o item um atributo, mas a empresa precisa dispor de 2 ou 3 funcionárias a mais na produção, com um salário mensal de R\$ 323,00 cada uma (fora os encargos trabalhistas e benefícios), para realizar revisão da presença da fita em pelo menos 10 sacos plásticos de 100 litros cheios de fralda todo dia, o que representa um total de 24.000 fraldas/dia em média. Sendo assim, é possível perceber que é necessário se mexer em algum ponto do processo ou se trocar a matéria-prima utilizada.

#### ***4.5.4 Avaliação da sistemática de ação***

Nesta etapa, depois de serem analisados os estudos de estabilidade e capacidade e também as perdas incorridas pela empresa, foram estabelecidas com que frequência os limites de controle seriam reavaliados, quem seriam os responsáveis pela coleta dos dados e pela análise dos resultados, assim como quem tomaria as decisões para as ações de melhoria.

#### ***4.6 Direcionamento das Ações através de um Plano de melhorias***

Depois de avaliadas as perdas em que a empresa incorre no seu processo produtivo, é necessário direcionar as ações que a empresa deverá tomar para alcançar seu objetivo de melhoria contínua. Foi elaborado um Plano de Ação, em conjunto com a direção da empresa, gerente de produção, chefes de turma e operadores, para se definir quais os procedimentos que deveriam ser adotados para se reduzir as perdas identificadas através da implantação do CEP.

Este Plano de Ação foi elaborado a partir da meta desejada, que é a redução das perdas no processo produtivo de fraldas descartáveis e foi estruturado utilizando a forma do 5W 1H.

Tabela 14. Tabela do Plano de Ação

<b>PLANO DE AÇÃO</b>					
<b>META: Reduzir as perdas no processo de fabricação de fraldas descartáveis</b>					
<b>MEDIDA (WHAT)</b>	<b>RESPONSÁVEL (WHO)</b>	<b>PRAZO (WHEN)</b>	<b>LOCAL (WHERE)</b>	<b>RAZÃO (WHY)</b>	<b>PROCEDIMENTO (HOW)</b>
Implantar indicadores de desempenho	Tatiana (Diretora)	31/07/03	Produção	Para acompanhar o desempenho da empresa na busca de suas metas de melhoria	Através de planilhas de excel, estabelecer os indicadores necessários e os responsáveis pelo seu monitoramento
Padronizar os processos	José Onécio (Gerente de Produção)	31/05/03	Produção	Para estabelecer normas operacionais a fim de evitar perdas	Descrever todos os processos de fabricação detalhadamente para elaborar um Manual de operações
Treinar o pessoal da fábrica	Chefes de turma (Noeli e Jorge)	31/08/03	Produção	Para reduzir a incidência de falhas humanas no processo	Através de palestras ministradas pelo gerente de produção com o auxílio do Manual de operações
Adquirir um novo aplicador de gel	André (comprador)	31/07/03	Setor de compras	Para poder se controlar a dosagem de gel na fralda	Fazer cotação de preços e definir junto ao Setor Financeiro a disponibilidade da verba necessária
Estabelecer controle de qualidade para as matérias-primas recebidas	Controle de Qualidade (Magali e Marlene)	31/03/03	Controle de Qualidade	Para reduzir as perdas devido à falta de qualidade de matéria-prima	Testar o material na entrega e exigir do fornecedor a qualidade desejada
Adquirir um "draw-form"	André (comprador)	02/01/04	Setor de compras	Para compactar melhor a celulose	Fazer cotação de preços e recorrer a órgãos governamentais para solicitar empréstimo

Uma das ações de melhoria executada durante a elaboração deste trabalho foi a implantação dos indicadores de desempenho, que levou em consideração os itens que melhor demonstrassem a evolução do desempenho da empresa ao longo do processo. A direção da empresa precisa estar comprometida na busca da melhoria contínua para fazer o acompanhamento dos resultados e ser capaz de controlar e cobrar os resultados dos chefes de turma e operadores.

Os indicadores que serão monitorados devem refletir os objetivos estratégicos da empresa, que atualmente seriam a redução de custos e a manutenção da qualidade para manter e atrair mais clientes para seus produtos.

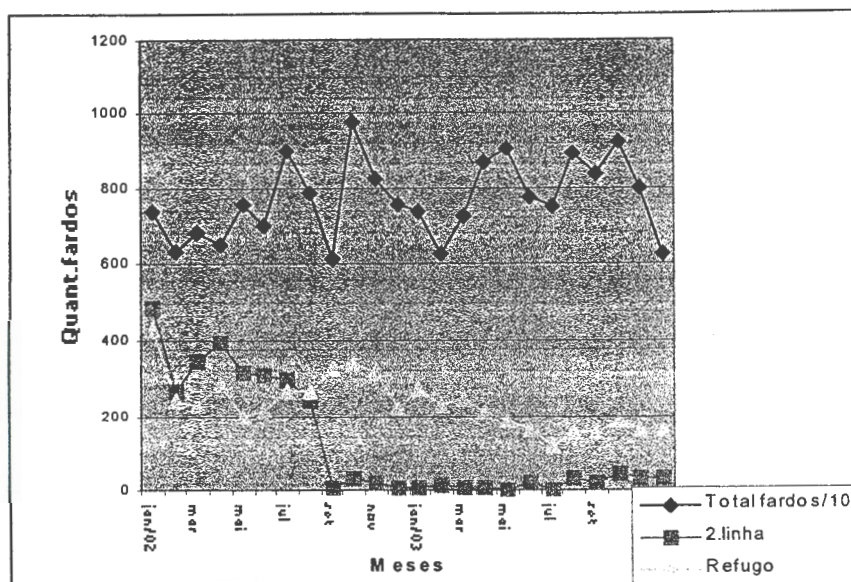
Estes indicadores farão parte dos relatórios gerenciais e de produção, onde devem ser discutidos com toda a equipe nas reuniões da produção. Os indicadores inicialmente escolhidos para monitoramento são os seguintes:

*Tabela 15. Tabela dos indicadores de desempenho*

<b>Indicadores</b>	<b>Obtenção</b>	<b>Frequência</b>	<b>Metas</b>	<b>Iniciativas</b>
Nº de reclamações devido a falhas na inspeção	Relatório de reclamações	Mensal	Zerar reclamações até setembro/2003	Melhorar treinamento dos operadores e investir em tecnologia
% produtos p/revisão sobre o total produzido	Relatório de produção	Mensal	Reduzir p/ 2% até dez/2003	Investir em treinamento e tecnologia
% de automação sobre processos manuais	Controle Patrimonial	Semestral	Diminuir idade média equip. em 5 anos até dez/04	Criar identificação, coletar dados e investir em novos equipamentos
%Produtividade = Utilização /Eficiência	Relatório de Produção	Mensal	Aumentar 30% até outubro/2003	Aumentar utilização dos equipamentos, aumentando a eficiência
Refugo = Nº fardos refugo/ Nº fardos total	Relatório de Produção	Mensal	Diminuir p/2% até dez/2003	Buscar o valor real, pois só existe o estimado
Gastos MP/Peças produzidas	Relatório de compras e Produção	Mensal	Aumentar o rendimento em relação às peças produzidas em 20% até nov/03	Análise da qualidade da MP e regulagem do equipamento
Horas de treinamento	Ficha do funcionário	Semestral	2hs/semana p/operadores e 1h/sem p/demais	Proporcionar cursos de aperfeiçoamento
Nº dias manutenção preventiva	Relatório de Produção	Quinzenal	Aumentar nº horas de manutenção	Separar no relatório de produção a manutenção preventiva x corretiva
Pesquisa opinião c/clientes	Pesquisa	Semestral	Aumentar satisfação	Desenvolver e implantar questionário

Estes indicadores, assim como suas metas, serão controlados pela direção da empresa, para que o controle dos mesmos não caiam no esquecimento e para que todos se empenhem para atingir seus compromissos dentro do cronograma estabelecido. Como em qualquer processo de adaptação, surgirão dificuldades e a direção deverá estar disposta a enfrentá-las, corrigindo os erros que venham a surgir no percurso e oferecer à equipe o suporte necessário para que seja possível alcançar as metas desejadas.

Os indicadores apresentados nas Figuras 51, 52 e 53 foram retirados do relatório de produção da empresa, demonstrando que com a implantação do CEP e o conseqüente acompanhamento destes indicadores de desempenho, já ocorreram melhorias no processo produtivo.



*Figura 51. Indicador de desempenho do refugo*

A Figura 51 mostra o total de fardos produzidos por mês na empresa desde janeiro de 2002 até dezembro de 2003, juntamente com o total de fardos considerados 2ª linha e refugo. Ocorreu uma redução substancial na 2ª linha que passou de 3,01% do total produzido para 0,21% e não tão significativa no refugo que passou de 3,71% do total produzido para 2,37%, não atingindo a meta desejada de 2%. Mas pode-se considerar que a empresa está encontrando o caminho certo para alcançar esta meta, pois o percentual está diminuindo a cada mês que passa.

A Figura 52 demonstra a quantidade de fardos que são revisados mensalmente na produção, gerando retrabalho. Pode-se observar que ocorreu uma melhoria significativa no índice, pois no ano de 2002 tinha-se uma média de 6,09% do total produzido sendo revisado e no ano de 2003 a empresa alcançou uma média de 2,46%, não atingindo a meta de 2%, mas reduziu positivamente este índice.

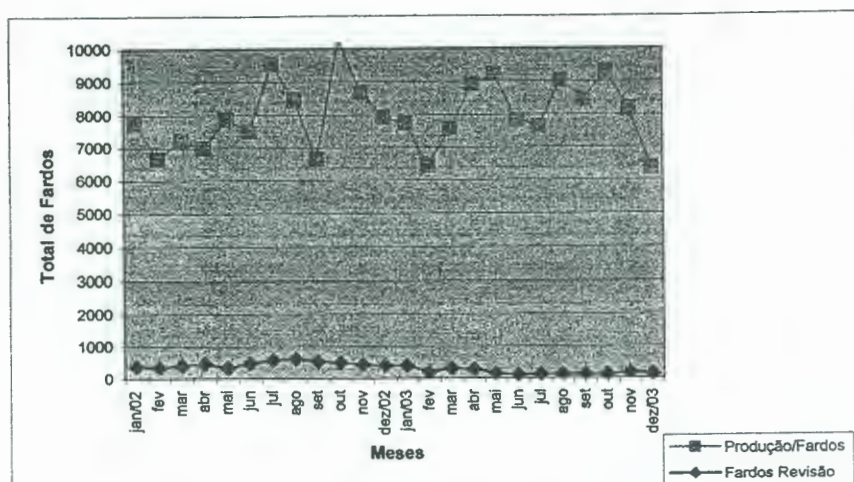


Figura 52. Indicador de quantidade de fardos para revisão

A Figura 53 mostra os resultados obtidos através do indicador de produtividade, onde consta o total de peças que deveriam ser produzidas mensalmente pela empresa, o que foi realmente produzido e o percentual resultante desta produção. Não ocorreram melhoras neste índice, indicando que a produtividade da empresa pode ser muito trabalhada daqui para frente, pois tem-se uma média de 64,18% de produtividade.

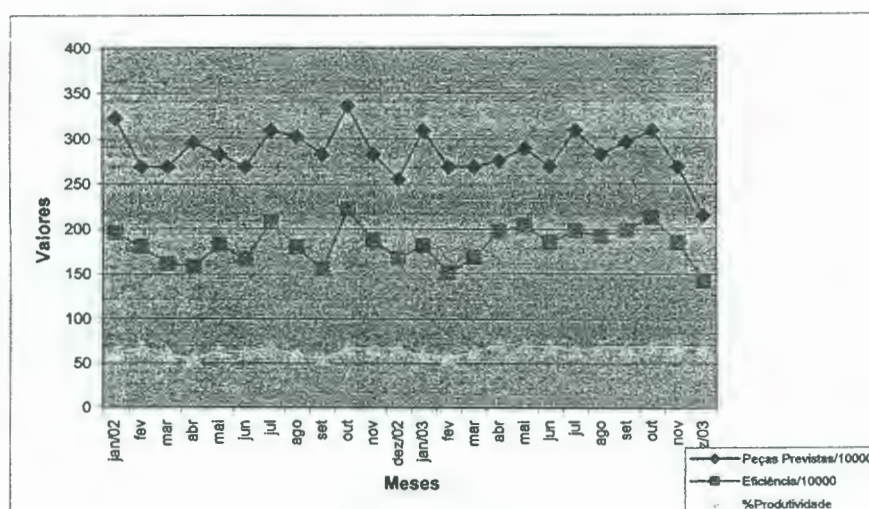


Figura 53. Indicador de produtividade

Os indicadores apresentados nos gráficos foram os mais representativos quanto ao desempenho da empresa na busca da melhoria contínua e demonstram também sua evolução após a implantação do CEP. Mesmo não alcançando as metas desejadas, os resultados obtidos mostraram uma redução do refugo, da 2ª linha e dos produtos revisados.

## 5 COMENTÁRIOS FINAIS

### 5.1 Conclusões

Esta Pesquisa-ação teve por objetivo reduzir as perdas de qualidade incorridas no processo produtivo através da implantação do Controle Estatístico de Processos em uma empresa fabricante de fraldas descartáveis. Estas perdas comprometem tanto a qualidade dos produtos da empresa quanto seus custos internos, ocasionando perdas tanto para a empresa como para a sociedade.

O modelo de implantação adaptado de Ribeiro e Caten (2001) apresentou as seguintes etapas: primeiramente ouviu-se a voz do cliente através das reclamações obtidas no banco de dados mantido pela empresa, desdobrando-as posteriormente através da priorização das características da qualidade utilizando-se uma Matriz da Qualidade.

Com a Matriz da Qualidade completada, foi desenvolvida uma Matriz dos Processos da empresa, onde foram descritos todos os processos existentes, com a finalidade de se identificar quais as etapas deste processo que estavam mais interligadas com as características de qualidade constantes na Matriz da Qualidade. Para se definir quais as características de qualidade que seriam utilizadas na implantação da ferramenta de CEP (Controle Estatístico do Processo) foram feitas priorizações utilizando-se um Gráfico de Pareto.

As características de qualidade priorizadas foram: quantidade de gel, número de fraldas sem fita adesiva, quantidade de cola aplicada na lycra e pressão da compactação da celulose. A partir disto deu-se início à implantação do CEP.

Com a implantação do CEP, partiu-se para a análise dos resultados através dos estudos de estabilidade, capacidade e da função de perda proposta por Taguchi, que mostrou que a empresa deve se preocupar com a tecnologia do seu processo e com a qualidade de suas



matérias-primas.

As conclusões a respeito das características de qualidade analisadas são as seguintes:

1) quanto à quantidade de gel: não foi possível dar continuidade ao seu estudo devido a problemas tecnológicos da empresa, mas sendo esta uma das matérias-primas mais representativa no custo do produto, foi indicada em um dos itens do Plano de Ação a compra de um novo aplicador de gel, para que se possa acompanhar futuramente seu desempenho;

2) número de fraldas sem fita adesiva: na análise de estabilidade viu-se que o processo não era estável. A análise de capacidade demonstrou um processo não capaz, mostrando para a empresa que é necessário alterar o processo, neste caso o “conjunto da fita”, ou trocar o fornecedor desta matéria-prima;

3) pressão da compactação da celulose: a análise de estabilidade deste item demonstrou que causas especiais continuarão ocorrendo se os operadores não estiverem constantemente controlando a pressão dada na compactação, pois a umidade da celulose é o principal motivo do problema neste item. Constatou-se com a análise de capacidade que o processo é potencialmente e efetivamente não capaz, por isto enfatiza-se que além da presença constante dos operadores no controle deste item a empresa deve investir na tecnologia do processo.

Antes da implantação do CEP a empresa potencialmente “perdia” R\$ 8.856,96 por dia se todos os consumidores efetivamente reclamassem e exigissem a troca do produto, e depois da implantação, este valor passou para R\$ 6.800,54 por dia.

4) quantidade de cola do lado de dentro e do lado de fora: a análise de estabilidade destes itens mostrou que os principais problemas se encontram na pressão dada nas válvulas que impulsionam a cola para a fralda, devendo os operadores verificar constantemente o funcionamento tanto dos compressores quanto das próprias válvulas, assim como o constante monitoramento da temperatura do coleiro, pois seu aquecimento exagerado pode liquefazer demais a cola e aplicar uma quantidade maior que a necessária, assim como não diluí-la corretamente, entupindo os bicos de *spray*.

As análises de capacidade mostram processos potencialmente e efetivamente não capazes, indicando que as perdas correspondentes à variabilidade do processo (causas comuns) são preponderantes e que são difíceis de se atuar, pois necessita investimentos na tecnologia do processo.

No momento em que se encontra a economia nacional, com retração de mercado e com o preço do dólar muito alto, isto se torna pouco viável, pois todos os equipamentos

necessários para aprimorar o processo são importados, e, os poucos existentes são de fabricação nacional, os quais possuem qualidade questionável. Quando a cotação do dólar voltar a níveis mais adequados a empresa deveria investir neste processo. Isto se confirma na análise de perda, confirmando que com um  $Q < 1$ , a empresa terá dificuldades para atuar no processo.

Elaborou-se então um Plano de ação para definir quais as propostas de melhoria deveriam ser implementadas prioritariamente pela empresa. Com isto feito, partiu-se para a elaboração de alguns indicadores de desempenho que servem para que a direção da empresa possa acompanhar seu desempenho no alcance de suas metas de melhorias.

Com o acompanhamento de alguns indicadores pôde-se analisar que a empresa está com plena capacidade de melhorá-los, pois a partir da demonstração de alguns deles, viu-se que os índices estão evoluindo, indicando que com seu acompanhamento e respectivas ações de melhoria, a empresa alcançará as metas desejadas.

O percentual de refugo foi reduzido de 3,71% para 2,37%, assim como o total de fardos considerados 2ª linha que caiu de 3,01% para 0,21%. O retrabalho da empresa reduziu-se de 6,09% para 2,46% e o índice de produtividade ainda deve ser trabalhado pois pode alcançar níveis melhores.

## **5.2 Sugestões para trabalhos futuros**

Sendo o método aplicado um tanto complexo, vários aspectos não puderam ser amplamente abordados dentro desta Pesquisa-ação, tanto por questão de tempo quanto de custos, ficando como uma proposta para trabalhos futuros.

Vale a pena ressaltar que a empresa estudada pode abordar ainda especificamente a questão dos custos, através de uma Matriz, além da padronização dos processos e treinamento dos funcionários, medidas propostas no Plano de Ação. Deve também analisar outras características de qualidade e também alguns parâmetros do processo através do CEP, os quais não se fizeram necessários neste trabalho.

No futuro, deve-se buscar estudos de outras técnicas e ferramentas para otimização dos seus processos, além da utilizada neste Estudo.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKAO, Y. Quality Function Deployment: Intergrating Customer Requirements Into Product Design. Massachussets, Cambridge, Productivity Press, 1990.
- AKAO, Y., OHFUJI, T., TANAKA, K., QFD Towards Product Development Management. Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Symposium on Quality Function Deployment. 1999. Pg 1-8.
- AMAUZOU, K.D., PÉREZ, E.M., O Paradigma Organizacional: Análise de alguns conceitos de Alta Administração para Performance. Artigo apresentado no ENANPAD em 1999 e capturado da internet em 10/01/2002. <http://www.informal.com.br/artigos/AE08.htm>
- ANGELO, C. F., SIQUEIRA, J.P.L., Da Produção à Distribuição Enxuta. Caderno de Pesquisas em Administração. Vol.01 nº 12, 2º trim.2000. São Paulo. Artigo capturado da internet em 10/01/2002. <http://www.ead.fea.usp/ead-pesq/artigos/c12-art06.pdf>
- ANTUNES, J.A V., A lógica das perdas nos Sistemas de Produção: uma análise crítica. Anais do XIX ENANPAD, João Pessoa, [s.n.], 1995. 1 CD-ROM. Pg. 357-371.
- ANTUNES, J.A V., Em direção a uma teoria geral do processo na administração da produção: uma discussão sobre a possibilidade de unificação da teoria das restrições e da teoria que sustenta a construção dos sistemas de produção com estoque zero. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Administração. UFRGS, 1998.
- BLACK, J.T., O Projeto da Fábrica com futuro. Porto Alegre, Ed. Artes Médicas, 1998.
- BORNIA, A C. Mensuração das Perdas dos processos produtivos: uma abordagem metodológica de controle interno. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.
- BRASIL EM EXAME. Hora de exportar – o que é preciso fazer, num cenário de crise global, para aumentar a competitividade dos produtos brasileiros lá fora. Edição 751 de Exame, 17/10/2001.
- CAMPOS, V.F. Qualidade Total: Padronização de Empresas. Belo Horizonte. Fundação Christiano Ottoni, 1992.

- CATEN, C.S. Controle Integrado da Qualidade de Processos de Manufatura de Revestimentos Cerâmicos. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais da UFRGS. Porto Alegre, 1999.
- CATEN, C.S., RIBEIRO, J.L.D., FOGLIATTO, F.S., Implantação do Controle Integrado de Processos – Etapas da Implantação e Estudo de Caso. Revista Produto & Produção, Vol. 4, No. 1, fevereiro, 2000, pg. 22-39.
- CAVENAGHI, V. O Modelo de gestão econômica (GECON) aplicado à Área de Produção. Caderno de Estudos, São Paulo, FIPECAFI, Março de 1995. Artigo capturado na internet em 10/01/2002. <http://www.fipecafi.com.br/caderno/completos/cad14/modelo.pdf>
- CORTES, I.R., Custos da Qualidade como Ferramenta de Decisão. Artigo extraído do CD-ROM dos Anais do XXI ENEGEP. Salvador, 2001.
- COX, J.F., LOCKAMY, A. Reengineering Performance Measurement. Ed.Irwin, 1994.
- DAVIS, M.M., AQUILANO, N.J.,CHASE, R.B. Fundamentos da Administração da Produção. Ed.Bookman. 3° ed. Porto Alegre, 2001.
- DELLARETTI Fº, O. As Sete Ferramentas do Planejamento da Qualidade. Belo Horizonte. Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1996.
- DEMING, W.E., Qualidade: a Revolução da Administração, Rio de Janeiro. Marque-Saraiva, 1990.
- DIAS, S.L.V., Gerenciamento de Processos e Indicadores. Material de Suporte. Fundação Empresa Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.
- DINIZ, M.G., Desmistificando o controle estatístico de processo. Artliber Editora. São Paulo, 2001.
- FEIGENBAUM, A.V. Total Quality Control. 3° ed. rev New York: Mcgraw Hill, 1991.
- FISCHMANN, A A, ZILBER, M.A , Utilização de indicadores de desempenho como instrumento de suporte à gestão estratégica. Artigo apresentado no ENANPAD em 1999 e capturado da internet em 10/01/2002. <http://www.informal.com.br/artigos/AE11.htm>

- FONSECA, A.V.M., DRUMOND, F.B., ANDERY, P.R.P., A Unified Analysis of the Tools applied do Product and Process Development. Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Symposium on Quality Function Deployment. 1999. Pg 150-158.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo. Ed. Atlas, 1991.
- GHOBIAN, A; GALLEAR, D.N. Total Quality Management in SMEs. Omega, v.24, Issue 1, p. 83-106, Feb, 1996. <http://www.proquest.umi.com/pqdweb>
- HUGE, E.C. Guia para excelência de produção: novas estratégias para empresas de classe mundial. São Paulo. Ed. Atlas, 1988.
- JURAN, J.M., Planejando para a Qualidade. São Paulo. Ed. Pioneira, 3.ed., 1995.
- KANEKO, N., Simple Steps for QFD Implementation. Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Symposium on Quality Function Deployment. 1999. Pg 137-143.
- KAPLAN, R.S. A Estratégia em Ação. Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1997.
- KAYSER, D. Identificação e redução de perdas segundo o Sistema Toyota de Produção: um estudo de caso na área de revestimentos de superfícies. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. UFRGS, 2001.
- KOTLER, P. Administração de Marketing. Prentice Hall. São Paulo, 2000.
- LUDWIG, B. Assessing your measurement system. Manufacturing Engineering, Dearborn, December, 2001. Artigo capturado na internet em 11/01/2002. <http://www.proquest.umi.com/pqdweb>
- MACHADO, A.G.C. A inadequação dos sistemas tradicionais de medição de desempenho diante do novo cenário competitivo. Artigo extraído CD-ROM dos Anais do XXI ENEGEP. Salvador, 2001.
- MAXIMILIANO, A.C.A. Teoria Geral da Administração: da escola científica à competitividade em economia globalizada. São Paulo. Ed. Atlas, 1997.
- MIGUEL, P.A C., CARPINETTI, L.C.R., Some Brazilian Experiences on QFD Application. Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Symposium on Quality Function Deployment. 1999. Pg 229-239.

- MONTGOMERY, D.C., Statistical Quality Control. Arizona: Courier Companies, 1985.
- MONTGOMERY, D.C., Introduction to Statistical Quality Control. New York, John Willey and Sons, 1990.
- OHNO, T. O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala. Porto Alegre. Bookman Companhia Editora, 1997.
- PAESE, C. Estudo de uma Metodologia para Estabilização de Processos. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Porto Alegre, 2000.
- PEREZ, J.H, OLIVEIRA, L.M., COSTA, R.G., Gestão Estratégica de Custos. São Paulo. Ed. Atlas, 1999.
- PIEROZAN, L., Estabilização de Processos: um estudo de caso no setor de pintura automotiva. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Porto Alegre, 2001.
- PIRES, V.T., Implantação do Controle Estatístico de Processos em uma empresa de Manufatura de Óleo de Arroz. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Porto Alegre, 2000.
- PORTER, M Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors. The Free Press. NY, 1980.
- RIBEIRO, J.L.D., CATEN, C.S. Controle Estatístico de Processos - Apostila de Curso. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia –Porto Alegre: UFRGS, 1998.
- RIBEIRO, J.L.D., CATEN, C.S., QFD como Ferramenta para Implantação do Controle Integrado do Processo. Artigo extraído dos Anais do 1º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto, pg. 152-161, Belo Horizonte, 1999.
- RIBEIRO, J.L.D. CATEN, C.S., Controle Estatístico do Processo: Cartas de Controle para Variáveis, Cartas de Controle para Atributos, Função de Perda Quadrática, Análise de Sistemas de Medição. Série monográfica Qualidade. Fundação Empresa Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.
- RIBEIRO, J.L.D., ECHEVESTE, M.E., DANILEVICZ, A.M.F., A utilização do QFD na

- Otimização de Produtos, Processos e Serviços. Série monográfica Qualidade. Fundação Empresa Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.
- ROBLES JR., A Custos da qualidade: uma estratégia para a competição global. São Paulo, Ed. Atlas, 1994.
- SEVERIANO F° C., ESTRELA, G.Q., Explicando a origem e o montante das perdas através de um sistema de avaliação: análise de um caso na indústria de curtume da Bahia. Artigo extraído CD-ROM dos Anais do XXI ENEGEP. Salvador, 2001.
- SHINGO, S. O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção. Porto Alegre. Bookman Companhia Editora, 1996.
- SHINGO, S. Sistemas de Produção com estoque zero: O Sistema Shingo para melhorias contínuas. Porto Alegre. Bookman Companhia Editora, 1996.
- SILVA, C.E.S., NETO, M.F. Utilização do QFD para implementação de um subsistema de garantia de qualidade seção 4.18 – treinamento. Revista Produto & Produção, Vol.3 n° 2, p.18-28, jun.1999. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Escola de Engenharia. UFRGS.
- SILVA, J.C.T., FERREIRA, D. Pequenas e Médias Empresas no Contexto da Gestão da Qualidade Total. Revista Produção, Dezembro 2000, vol.10 n° 1.
- SILVA, P.R. Mensuração de Desempenho Estratégico e Operacional na Excelência de Manufatura de Classe Mundial. Caderno de Estudos, São Paulo. FIPECAFI, Junho de 1994. Artigo capturado na internet em 10/01/2002, <http://www.fipecafi.com.br/caderno/completos/cad11/mensuração.pdf>
- STEWART, L.J., LOCKAMY III, A , Improving competitiveness through performance-measurement systems. Healthcare Financial Management. Westchester, December, 2001. Artigo capturado na internet em 10/01/2002. <http://www.proquest.umi.com/pqdweb>
- TACHIZAWA, T., SCAICO, O , Organização Flexível: qualidade na gestão de processos. São Paulo. Ed. Atlas, 1997.
- TAYLOR, F.W., Princípios Gerais da Administração Científica. São Paulo. Ed. Atlas, 1982.

UHLMAN, G.W. Administração: das teorias administrativas à administração aplicada e contemporânea. São Paulo. Ed. Atlas, 1997.

WERKEMA, M.C.C., Ferramentas Estatísticas básicas para o gerenciamento de processos. Belo Horizonte. Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995.