

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

**CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO:
UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DA ÁREA DE ELETRODOMÉSTICOS**

MARCELO BUENO DO ROSÁRIO

Porto Alegre, 2004

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

**CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO:
UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DA ÁREA DE ELETRODOMÉSTICOS**

MARCELO BUENO DO ROSÁRIO

**Orientador:
Professor Dr. José Luis Duarte Ribeiro**

**Banca Examinadora:
Prof. Dr. Flavio Fogliatto
Prof. Dr. Júlio van der Linden
Prof. Dr. Lori Viali**

**Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Mestrado Profissionalizante em
Engenharia como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia
– Profissionalizante**

Porto Alegre, 2004

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia

Professor Dr. José Luis Duarte Ribeiro

Orientador

Escola de Engenharia

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof^a. Helena Beatriz Bettella Cybis

Coordenadora

Mestrado Profissionalizante em Engenharia

Escola de Engenharia

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Flávio Fogliatto

PPGEP/UFRGS

Prof. Dr. Júlio van der Linden

FEEVALE

Prof. Dr. Lori Viali

FAMAT/PUC-RS

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em especial, aos Professores José Luis Duarte Ribeiro e Flávio Sanson Fogliatto, pela competente orientação, paciência e atenção dispensada, que contribuíram de forma significativa para a realização deste trabalho. Através de suas orientações tomaram o certo pelo errado e apesar das dificuldades enfrentadas por mim, demonstraram que sempre é tempo de aprender e nunca é tempo de desistir.

Agradeço a Electrolux do Brasil S.A. pela oportunidade e confiança para a realização deste trabalho, e a todos os funcionários que, de alguma forma, contribuíram para que esta meta fosse atingida.

E, por fim, agradeço a minha filha Yasmin e minha esposa Cleusa pelo apoio, paciência e compreensão nos momentos de minha ausência. A minha mãe Rosa e ao meu pai Francisco (*in memoriam*) que foram a base de minha formação.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	6
LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE EQUAÇÕES.....	9
RESUMO.....	10
ABSTRACT.....	11
1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Comentários Iniciais.....	12
1.2 Tema e Justificativa.....	14
1.3 Objetivos.....	16
1.4 Metodologia.....	17
1.5 Estrutura.....	17
1.6 Limitações.....	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
2.1 Conceito de Qualidade.....	20
2.2 Controle Estatístico da Qualidade.....	28
2.2.1 Conceito de Controle Estatístico da Qualidade.....	28
2.2.2 Conceito de Controle Estatístico de Processo.....	30
2.2.3 Conceito de Cartas de Controle.....	31
2.2.4 Modelos de Cartas de Controle.....	32
2.3 Implantação de Controle Estatístico da Qualidade.....	38
2.3.1 Conceito de Processo.....	39
2.3.2 Capacidade do Processo.....	40
2.3.3 Índices de Capacidade de Processo.....	41
2.3.4 Etapas de implantação de controle estatístico de processo.....	43
2.3.5 Vantagens e Desvantagens da implantação de controle estatístico de processo.....	48
3 PLANEJAMENTO E DESCRIÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DO CEP.....	52
3.1 A Empresa.....	52

3.1.1	Histórico da Empresa.....	52
3.1.2	Mercado de Atuação.....	53
3.1.3	Linha de Produtos.....	54
3.2	O Processo.....	55
3.3	O Controle de Qualidade no Processo.....	57
3.4	O Planejamento da Implantação.....	61
3.5	A Implantação do CEP no Processo.....	72
3.5.1	Definição dos Critérios de Classificação.....	72
3.5.2	Definição dos Parâmetros e Características de Qualidade de Processo.....	73
3.5.3	Definição do Procedimento de Coleta de Dados.....	74
3.5.4	Avaliação do Sistema de Medição.....	75
3.5.5	Definição das Responsabilidades.....	76
3.5.6	Definição da Documentação Necessária.....	77
3.5.7	Treinamento em Controle Estatístico de Processo.....	82
3.5.8	Implantação Efetiva.....	84
3.5.9	Acompanhamento e Consolidação.....	85
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	87
4.1	Resultados obtidos com a Implantação de Controle da Qualidade.....	87
4.1.1	Estudo de Estabilidade.....	87
4.1.2	Estudo de Capacidade.....	89
4.1.3	Plano de Ação.....	91
4.2	Avaliação do modelo CEP implantado.....	93
5	COMENTÁRIOS FINAIS.....	99
5.1	Conclusões.....	99
5.2	Sugestões para Trabalhos Futuros.....	101
	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	103
	ANEXOS.....	109
	Anexo A – Tabela I.....	110
	Anexo B – Tabela II.....	111

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Adaptação das interpretações do índice Cpk.....	43
Tabela 2.	Diferentes abordagens de implantação de CEP.....	44
Tabela 3.	Escala da intensidade das relações.....	66
Tabela 4.	Escala para avaliação do conhecimento.....	68
Tabela 5.	Escala para avaliação da efetividade das ações.....	70
Tabela 6.	Descrição dos critérios de classificação definidos para o estudo de caso..	73
Tabela 7.	Parâmetros e características da qualidade dos processos alocados no posto espumação de portas.....	73
Tabela 8.	Descrição do procedimento de coleta de dados do processo <i>espumação de portas</i>	74
Tabela 9.	Ações tomadas para aprovar o sistema de medição.....	75
Tabela 10.	Resultado da avaliação do sistema de medição.....	76
Tabela 11.	Definição de atribuições e responsabilidades.....	77

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Exemplo de Carta de Controle.....	32
Figura 2.	Fluxograma de apoio para escolha de cartas de controle para variáveis...	35
Figura 3.	Fórmulas para construção de Gráficos de Controle para Variáveis.....	35
Figura 4.	Fluxograma de apoio para escolha de cartas de controle para atributos...	37
Figura 5.	Fórmulas para construção de Gráficos de Controle para Atributos.....	38
Figura 6.	Caracterização para um Processo através do Diagrama de Ishikawa.....	40
Figura 7.	Gráfico da participação de cada área do grupo AB ELECTROLUX 2003..	53
Figura 8.	Fluxograma das etapas de produção da empresa em estudo.....	55
Figura 9.	Diagrama de Pareto para as Reclamações por Modelo.....	62
Figura 10.	Diagrama de Pareto para as Reclamações por Componente.....	62
Figura 11.	Diagrama de Pareto para os Defeitos do Componente Porta.....	63
Figura 12.	Matriz da Qualidade obtida no estudo de caso.....	66
Figura 13.	Matriz de processo obtida no estudo de caso.....	67
Figura 14.	Matriz de priorização para direcionamento de ações de melhoria para os parâmetros dos processos no estudo de caso.....	71
Figura 15.	Fluxograma genérico de operacionalização das quatro primeiras etapas do planejamento da implantação do CEP, através das matrizes do QFD.....	72
Figura 16.	Exemplo de planilhas de identificação.....	78
Figura 17.	Etapas de implantação de CEP.....	81
Figura 18.	Exemplo de Lista Máster.....	82
Figura 19.	Modelo de Registro de Treinamento.....	84
Figura 20.	Tela de entrada de dados coletados.....	85
Figura 21.	Carta de controle para empenamento da porta (Molde 1).....	88
Figura 22.	Carta de controle para empenamento da porta (Molde 2).....	88
Figura 23.	Carta de controle para empenamento da porta (Molde 3).....	89
Figura 24.	Histograma da análise de capacidade (Molde 1).....	89
Figura 25.	Histograma da análise de capacidade (Molde 2).....	90

Figura 26. Histograma da análise de capacidade (Molde 3).....	90
Figura 27. Parte do Plano de Ação para contenção de causas comuns no processo Espumação de Portas.....	92
Figura 28. Evolução das reclamações do defeito Desalinhado / Caído do componente Porta.....	94
Figura 29. Evolução do defeito Porta Não Veda / Penetração de ar.....	95

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1. Cálculo do Índice de Capacidade Potencia do Processo – Cp.....	42
Equação 2. Cálculo do Índice de Capacidade do Processo – Cpk.....	42
Equação 3. Cálculo da priorização das características da qualidade.....	66
Equação 4. Definição da importância para a qualidade de cada parâmetro e característica de qualidade do processo.....	68
Equação 5. Índice de priorização IPPi.....	69

RESUMO

Esta dissertação aborda a implantação de Controle Estatístico de Processo – CEP, em uma das etapas de produção de uma indústria de refrigeradores, tendo como objetivo propor uma abordagem sistemática e planejada de implantação, com vistas a melhorar os controles de qualidade e atender aos anseios e satisfação dos clientes. Inicialmente, é apresentada uma fundamentação teórica sobre o assunto, abordando três temas principais: (i) qualidade, (ii) controle estatístico da qualidade e (iii) implantação do controle estatístico da qualidade. Em seguida, é feita uma descrição da empresa e dos processos que fazem parte do estudo de caso bem como os sistemas de controle de qualidade existentes antes da implantação. Posteriormente, é apresentado um trabalho prático, onde é utilizada a metodologia Desdobramento da Função Qualidade para a priorização das características de qualidade a serem monitoradas no processo. Após a priorização, são apresentadas as etapas de implantação do CEP no processo, desde a Definição dos Critérios de Classificação até a fase de Acompanhamento e Consolidação. Os resultados são apresentados através do estudo da estabilidade e capacidade do processo depois da implantação de controle estatístico. As ações direcionadas pelo CEP permitiram uma redução significativa nos percentuais de defeitos, comprovando a eficácia da metodologia utilizada. Ao final do trabalho, são apresentadas sugestões para melhorar o sistema da qualidade da empresa.

Palavras Chaves: Qualidade, Controle Estatístico de Processo, QFD, Eletrodomésticos, Refrigeradores.

ABSTRACT

This dissertation concerns the Statistical Control of Process – SCP implantation in one of the production stages of a Refrigerators Factory, having as the main target considering a systematic and planned methodology of implantation, intending to improve the quality controls and taking care of the customers yearnings and satisfaction. First, a theoretical basis of the subject is presented, concerning three main subjects: (i) quality, (ii) statistical control of the quality and (iii) the statistical control of the quality implantation. Thereafter, a description of the company and the processes which are part of the case study are made, as well as the actual quality control systems before the implantation. Afterwards, practical study is presented, where the QFD (Quality Function Deployment) methodology is applied in order to prioritize the quality characteristics to be monitored in the process. After prioritizing, the steps of SCP (Statistical Control of Process) in the process are presented, since the Definition of Classification Criteria up to the Accompaniment and Consolidation stage. The results are presented through the study of the stability and capacity of the process after the implantation of the statistical control. The actions guided by the SCP had allowed to a significant decrease in the defects percentage, evidencing the efficacy of the used methodology. In the end of this dissertation, suggestions in the order to improve the quality system of the company are presented.

Keywords: Quality, Statistical Control of Process, QFD, Household-electric, Refrigerators.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Comentários Iniciais

O sucesso do gerenciamento de uma empresa exige sistema e disciplina para estabelecer e cumprir metas, criadas para garantir a qualidade e bons resultados na organização. Partindo deste pressuposto, o que garante a sobrevivência das empresas no mercado competitivo é atender as metas de produzir produtos com alta qualidade a um custo competitivo.

Para atingir estas metas, as organizações têm adotado várias estratégias ao longo dos últimos anos, aplicando métodos e ferramentas de qualidade que possibilitam desde a melhoria até o controle dos processos de produção. Uma destas estratégias é o Controle Estatístico de Processo - CEP, objeto de estudo deste trabalho.

Neste trabalho, é apresentado um estudo de caso de implantação do CEP no processo de manufatura de eletrodomésticos. A empresa em questão conviveu durante anos com aplicações incorretas do CEP e de ferramentas de qualidade, resultando em perdas de esforços e resultados, devido à falta de planejamento e conhecimento necessário dos aspectos básicos de um correto sistema de implantação.

O Controle Estatístico de Processo permite fazer uma distinção clara entre os tipos de causas de problemas que ocorrem no processo de produção, direcionando corretamente às ações necessárias e, em curto prazo, garantindo que possíveis falhas sejam identificadas durante o processo e não em inspeções finais ou pelo próprio cliente.

O CEP também pode ser descrito como uma ferramenta de monitoramento *on-line* da qualidade, através de *softwares* específicos para sua aplicação, que, além de facilitar a coleta de dados (o que não exige alto grau de formação dos operadores), permite rapidez no acesso de informações e análise dos resultados do processo monitorado.

Oferecer produtos e serviços de primeira qualidade significa eliminar todas as ineficiências internas. Em um processo de fabricação, isso significa mais do que somente oferecer um produto livre de defeitos após um teste final ou inspeção o que pode ser conseguido facilmente, mesmo quando se mantém altos níveis de defeitos, reparos no produto, sucata e ineficiência gerais do processo. O importante é oferecer produtos de primeira qualidade, mantendo concomitantemente, os rendimentos do processo em níveis elevados, caracterizados por taxas de defeituosos de poucas partes por milhão, praticamente erradicando defeitos, reparos no produto e sucata.

Segundo Deming (1992), a melhoria da qualidade aumenta a produtividade, fato este bem conhecido por uma seleta minoria. Já Campos (1999) define qualidade como sendo aquele produto ou serviço que atende perfeitamente, de forma confiável, acessível, segura e no tempo certo, às necessidades do cliente.

Tendo como palavra de ordem a "Qualidade de classe mundial", fazer produtos com qualidade é acima de tudo respeitar o cidadão, garantindo seu direito de acesso a produtos que venham satisfazer, na sua plenitude, as suas expectativas. Em um mercado extremamente competitivo, como o que vivemos hoje, a qualidade é fator fundamental para busca de resultados internos, para a diferenciação mercadológica da empresa, e como elemento decisivo no processo de compra.

Além disso, o grande desafio desta última década vem sendo a capacidade e a competência diária que as organizações enfrentam para se adaptarem e levarem a todos os seus níveis hierárquicos e funcionais (da alta gerência ao chão de fábrica), a incorporação de novos modelos, métodos, técnicas, instrumentos, atitudes e

comportamentos necessários a mudanças, inovações e à sobrevivência sadia e competitiva no mercado.

A aplicação de CEP permite o entendimento da palavra qualidade pelos níveis operacionais, o que é fundamental para o sucesso deste tipo de programa dentro de uma empresa. A qualidade não está somente associada aos produtos que saem da linha de produção. Este conceito deve estar arraigado dentro de cada indivíduo que participa direta ou indiretamente da máquina produtiva. Todos que participam do processo produtivo da empresa devem estar perfeitamente sintonizados e comprometidos com a qualidade, para se poder atingir os objetivos propostos pelas empresas.

As normas ISO 9000, em sua última versão (2000), apresentam o CEP incorporado ao Controle de Qualidade, devendo as empresas certificadas ou em processo de certificação, implementar Controle Estatístico em seu Processo Produtivo (Farias, 2001). Exigência esta que não existia na versão anterior da norma, onde apenas era dedicado um item a técnicas estatísticas necessárias para avaliar as características da Qualidade dos produtos.

1.2 Tema e Justificativa

O tema desta dissertação é o Controle Estatístico de Processo, abordado a partir da ótica de sua implantação em uma fábrica de eletrodomésticos. Esse tema contempla discutir o controle da qualidade em processos determinados como críticos, promover a redução de índices de reclamação do consumidor final causado pelas variações no processo e reduzir o número excessivo de inspeções, garantindo a qualidade do produto final.

Segundo Montgomery (1997), os gráficos de controle são uma das ferramentas mais importantes para a estabilização de processos industriais e, hoje em dia, também para serviços ou processos administrativos. Embora seja mais difícil

definir e medir o desempenho de um fornecedor de serviços ou a eficiência de procedimentos administrativos, o desempenho de uma certa ação pode ser analisado e melhorado com a sua monitoração por gráfico de controle.

De acordo com Shewhart (1938), o controle estatístico de processo (CEP) teve seus conceitos básicos desenvolvidos na década de 20, tendo origem na indústria de componentes elétricos, mas foi principalmente durante o período da Segunda Guerra Mundial, onde foi intensamente utilizado. Após estar presente no sucesso das indústrias japonesas, onde teve sua aplicação bem sucedida, o CEP nos últimos anos, vem tornando-se elemento habilitador de vantagens competitivas para as empresas de pequeno, médio ou grande porte.

Apesar do sucesso que o Japão obteve na aplicação do CEP para resolver seus problemas administrativos, da qualidade e da produtividade, segundo Hradesky (1989), países desenvolvidos, como os Estados Unidos, não obtiveram o mesmo sucesso, pelo fato dos executivos e gerentes não estarem fortemente comprometidos com a técnica e não estarem realmente administrando as operações. O comentário desse autor revela que a implantação do CEP não é uma tarefa simples, exigindo que o esforço de implantação seja respaldado em (i) metodologia e (ii) comprometimento.

Tendo como objetivo principal o monitoramento do desempenho da variável de interesse, o CEP quando corretamente aplicado permite eficiência nas informações do processo controlado, através da análise amostral da produção, o que não demanda grandes investimentos ou perdas de produção. Sua frequência é preestabelecida tendo seus resultados registrados graficamente em cartas de controle, o que permite controle rápido e direto executado pelos próprios operadores.

Para o sucesso na aplicação de CEP em uma empresa, de maneira que os resultados demonstrem os benefícios da ferramenta e toda a sua potencialidade, deve estar claro que, apesar de ser um método estatístico, a implantação envolve

dez por cento de estatística e noventa por cento de ação administrativa, conforme afirma Hradesky (1989). Os ingredientes principais para atingir este sucesso são: domínio de técnicas estatísticas, domínio de técnicas de solução de problemas, liderança e atitudes para melhoria da qualidade e produtividade, planejamento e método sistemático, devendo este último atuar como catalisador.

Segundo Rozenfeld (1999), o aumento da concorrência, as rápidas mudanças tecnológicas, a diminuição do ciclo de vida dos produtos e a maior exigência por parte dos consumidores orientam as empresas para que tenham agilidade, produtividade e alta qualidade, que dependem, necessariamente, da eficiência e eficácia da empresa no processo de produção do produto.

1.3 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é propor uma abordagem sistemática e planejada de implantação do CEP para melhorar o controle da qualidade nos processos de manufatura da empresa Electrolux do Brasil S.A., fabricante de eletrodomésticos, localizada em Curitiba, PR. O objetivo específico é apresentar e analisar os resultados da implantação de CEP no processo de produção da empresa Electrolux do Brasil S.A.

Este objetivo se justifica, na medida em que a empresa, no passado, fez várias tentativas de utilizar ferramentas estatísticas de diagnóstico e monitoramento sem sucesso, devido a problemas estruturais, falta de capacitação, falta de planejamento e de metodologia sistemática. Atualmente, a empresa vive um momento diferente, estando madura para implantar a técnica mencionada, aprimorando seu sistema de controle da qualidade.

1.4 Metodologia

De acordo com a classificação apresentada por Gil (1991), o método de pesquisa científica proposto para esta dissertação de mestrado enquadra-se na categoria de Pesquisa Ação.

A Pesquisa Ação, segundo Roesch (1994), consiste em resolver problemas específicos dentro de um grupo, organização e empresa tornando-se parte do processo de mudança ao encorajar as pessoas envolvidas com o programa a estudar seus próprios problemas com vistas a resolvê-los. A Pesquisa Ação implica em um alto grau de envolvimento entre pesquisador e pesquisado, ao trabalhar uma questão de interesse compartilhado. Através disto, este método permite parâmetros de decisão sobre o processo aos seus participantes, permitindo que estes possam identificar soluções através de seu estudo.

Inicialmente, através de uma revisão bibliográfica, será apresentado o sistema de controle de qualidade e seus fundamentos teóricos necessários para o pleno desenvolvimento do trabalho. Em seguida será apresentado o sistema aplicado em um dos processos produtivos da empresa e, por último, serão apresentados os resultados obtidos com a aplicação do método.

1.5 Estrutura

Esta dissertação será dividida em cinco capítulos, com conteúdo brevemente descrito a seguir.

O primeiro capítulo trata das considerações iniciais, com introdução, tema e justificativa, objetivo do trabalho, metodologia, a presente estrutura e as limitações do trabalho.

O segundo capítulo trata da revisão bibliográfica sobre o Controle Estatístico de Processo, através de uma fundamentação teórica sobre o assunto, abordando três temas principais: *(i)* qualidade, *(ii)* controle estatístico da qualidade e *(iii)* implantação do controle estatístico da qualidade.

O terceiro capítulo apresenta o planejamento e descrição da implantação do CEP no processo de produção através das seguintes etapas: *(i)* A Empresa, *(ii)* O Processo de Produção, *(iii)* O Controle de Qualidade no Processo de Produção, *(iv)* O Planejamento da Implantação, e *(v)* A Implantação do CEP no Processo.

O quarto capítulo apresenta os resultados e a análise e discussão dos resultados obtidos com a implantação de controle estatístico de processo em uma empresa da área de eletrodomésticos, através de duas etapas: *(i)* Resultados obtidos com a implantação do CEP através de uma análise quantitativa, *(ii)* Percepção das pessoas envolvidas, através de uma análise qualitativa.

O quinto capítulo apresenta as conclusões, recupera objetivos e avalia se eles foram alcançados. Conclui a respeito dos aspectos relevantes da pesquisa e apresenta sugestões para trabalhos futuros.

1.6 Limitações

O trabalho não pretende esgotar a revisão bibliográfica sobre qualidade e a aplicação do controle estatístico de processo. Será dada maior ênfase às aplicações necessárias para o entendimento do estudo de caso apresentado.

No estudo de caso, a implantação do CEP e seus resultados se restringem à aplicação em um processo específico da produção, o qual contempla a produção de componentes em uma linha de montagem de refrigeradores.

A aplicação deste estudo em empresas com características similares poderá ser feita, contudo, as generalizações devem ser feitas com reservas, pois apesar de possíveis, poderão requerer adaptações. O estudo e análise de custos de implantação não serão avaliados nesta dissertação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Conceito de Qualidade

O crescimento extraordinário da preocupação com qualidade na sociedade em geral tornou-a um tema muito discutido e estudado em muitas áreas. Em função disso, existem muitos conceitos e definições para o termo. Pioneiros da qualidade como Walter Andrew Shewhart (1891 – 1967), William Edwards Deming (1900 – 1993), Philip B. Crosby (1926 -), Armand V. Feigenbaum, Joseph M. Juran (1904 -), Kaoru Ishikawa (1915 -) e George E. P. Box (1919 -) contribuíram para a rápida evolução do conceito qualidade.

Pode-se dizer que foi através de Walter Shewhart que teve início o movimento da qualidade. Isso aconteceu na década de 20, com o desenvolvimento do primeiro gráfico de controle de processo na Bell Labs onde trabalhava como estatístico. Contudo, foi durante a II Guerra Mundial, através da construção de grande quantidade de material bélico, e com a falta ou deficiência de mão-de-obra que ocorreu a necessidade da utilização de técnicas estatísticas para o monitoramento da produção e redução de peças defeituosas (Soares, 2001).

Segundo Sommer (2000), com uma visão muito ampla e revolucionária para a qualidade, William Edwards Deming tornou suas idéias muito abrangentes, dando grande enfoque à obtenção de qualidade através da aplicação de técnicas estatísticas. Deming definiu a qualidade com sendo “o atendimento às necessidades dos clientes a um preço que eles estariam dispostos a pagar”.

Para Mirshawka (1990), Deming desenvolveu um conceito inteiramente novo da forma como os sistemas envolvendo máquinas e pessoas devem ser gerenciadas. As suas idéias são revolucionárias, e o Japão e muitos outros lugares do mundo, já provaram que elas funcionam. Estas idéias foram trazidas dos Estados

Unidos na qual Deming juntamente com outros estatísticos, como Juran e Shewhart, desenvolveram novos métodos de controle na indústria durante o período de guerra. Deste trabalho, desenvolveu-se a capacidade de produzir com alta qualidade grandes quantidades de armas com a utilização de mão-de-obra com pouca capacitação.

Para Mann (1992), a história da indústria do Japão foi completamente diferente após a alta administração compreender que a inserção de qualidade num produto resulta em aumento de posição competitiva, e que isto somente seria alcançado, através da incorporação de métodos estatísticos aos esquemas de produção. Desta conclusão pelos japoneses é que se inicia a história de Deming com o Japão a partir de 1946, ano no qual ele teve seu primeiro contato com estatísticos deste país. Em seguida, a partir de 1948, passou a receber convites do Departamento de Defesa do Japão para desenvolver trabalhos estatísticos na área de alimentação.

Para Mirshawka (1990), as filosofias de Deming estão estabelecidas através de quatorze pontos cardeais que constituem suas idéias básicas de como eliminar obstáculos que interpõe o aumento de qualidade e produtividade:

- 1) Criar consistência e continuidade de propósito;
- 2) Recusar os níveis vigentes de atrasos, material defeituoso e falhas de mão-de-obra;
- 3) Eliminar a necessidade de depender da inspeção em massa;
- 4) Reduzir o número de fornecedores; Comprar na evidência estatística e não no menor preço;
- 5) Pesquisar continuamente a solução dos problemas no sistema e buscar as formas de melhorá-lo sempre;
- 6) Instituir métodos modernos de treinamento, usando a Estatística;

- 7) Forçar a supervisão a auxiliar as pessoas a fazer cada vez melhor o seu serviço. Fornecer para tanto as ferramentas e as técnicas que permitam às pessoas ter orgulho do seu trabalho;
- 8) Eliminar o medo. Encorajar a comunicação nos dois sentidos;
- 9) Romper as barreiras entre os departamentos. Encorajar a solução dos problemas através do trabalho em equipe.
- 10) Eliminar o uso de metas numéricas, lemas, slogans e pôsteres para estimular a mão-de-obra a trabalhar melhor;
- 11) Utilizar métodos estatísticos para ter continuamente a melhoria da qualidade e da produtividade; Eliminar todos os padrões que prescrevem cotas numéricas;
- 12) Remover todas as barreiras que impeçam todos os que trabalham de ter orgulho do que fazem;
- 13) Instituir um rigoroso programa de educação e treinamento para que todas as pessoas estejam atualizadas no que se refere ao desenvolvimento de novos materiais, métodos e tecnologias.
- 14) Definir claramente o comportamento da Alta Administração com a qualidade e a produtividade, ou seja, em realizar todos os treze pontos anteriores.

Juran, ao lado de Deming destacou-se como o consultor que ajudou o Japão a alcançar a supremacia da qualidade após a crise pós-guerra. Juran definiu que a qualidade devia ser melhorada item por item, e que isso só ocorreria quando cada um dos problemas fosse diagnosticado e resolvido (JURAN e GRAYNA, 1993).

Juran também definiu que "Qualidade é adequação ao uso", tendo como alvo desta definição, segundo Paladini (1997), o consumidor, por considerar como conceito técnico da qualidade, segundo o qual todos os elementos que tiveram alguma participação, direta ou indireta, na produção do bem ou do serviço, serão responsáveis pela capacidade do produto atender às necessidades do cliente e, se

possível, superar as expectativas do mesmo, atendendo, inclusive, necessidades que sequer haviam sido formuladas.

De acordo com Juran (1992), a gerência da qualidade deve ser feita utilizando-se processos gerenciais, que se iniciam com o “Planejamento da Qualidade”, onde as atividades são aplicadas no desenvolvimento de produtos e processos e exigidas para atender à satisfação das necessidades dos clientes e que seguem alguns passos resumidos da seguinte forma:

- Estabelecer metas da qualidade;
- Identificar os clientes;
- Determinar as necessidades dos clientes;
- Desenvolver características do produto que atendam às necessidades dos clientes;
- Desenvolver processos que sejam capazes de produzir aquelas características do produto;
- Estabelecer controles de processos e transferir os planos resultantes para as forças operacionais.

Campos (1992) e Werkema (1995), tornaram mais prático o conceito de Juran ao definir a Qualidade como sendo todas aquelas dimensões que afetam a satisfação das necessidades das pessoas e, por conseguinte, a sobrevivência da empresa. Estas dimensões foram traduzidas da seguinte forma:

- QUALIDADE INTRÍNSECA – é a capacidade de um produto, através das suas características específicas, promover a satisfação do cliente interno (etapas intermediárias) ou externo (etapa final), englobando entre outros aspectos a qualidade do produto em si (ausência de defeitos e evidência de características que satisfaçam o cliente), qualidade das pessoas, qualidade do sistema e de informação. Produtos defeituosos não serão apenas inconvenientes para os consumidores, mas também diminuirão as vendas.

- CUSTO – é o resultado apurado de todas atividades ligadas à fabricação do produto, desde custo final até os custos intermediários tais como compras, vendas, recrutamento, treinamento, etc.
- ENTREGA – no prazo certo, local certo e na qualidade certa. Uma empresa precisa fabricar produtos na quantidade exigida pelos consumidores e precisa fornecê-los aos consumidores, se possível, antes da data especificada para a entrega.
- MORAL – é importante que todos os funcionários se sintam satisfeitos no seu trabalho. O bom ambiente de trabalho e a satisfação na atividade são componentes importantes na qualidade final do produto.
- SEGURANÇA – esta dimensão se refere não só à segurança dos trabalhadores envolvidos na produção, como também ao próprio consumidor.

Já Crosby ficou conhecido na década de 60 através do conceito de “zero defeito” e “o custo da prevenção” na garantia da qualidade, que até então era de inspeção, teste e verificação. Barçante (1998), descreve que Crosby apresenta como ponto forte uma forma estruturada de mudança na cultura da organização e, ainda, assegura que a melhoria da qualidade é um processo e não um programa. Portanto deve ser permanente e estável.

Com uma visão semelhante, Campos (1992) descreve que a melhoria da qualidade se dá através do estabelecimento de novos padrões de qualidade, visando um produto, um serviço melhor, mais barato, de maior facilidade de manutenção e mais seguro. Ele defende o uso de um método para redirecionar o processo, sendo o método a peça fundamental para o controle de qualidade a ser exercido.

Feigenbaum ficou conhecido como pai do TQC (*Total Quality Control*), que foi traduzido para o português como Controle de Qualidade Total – CQT sob o aspecto sistêmico. Ele definiu qualidade como sendo um conjunto de características do produto tanto de engenharia como fabricação que determinam o grau de satisfação que proporciona ao consumidor, durante o uso (SOMMER, 2000).

A definição encontrada em Feigenbaum (1986) é:

"Controle da Qualidade Total é um sistema eficiente que visa integrar esforços para desenvolvimento, manutenção e aperfeiçoamento da qualidade de vários grupos numa organização, de forma a permitir marketing, engenharia produção e assistência dentro dos níveis mais econômicos e que possibilitem satisfação integral do consumidor".

Criada na década de 60 no Japão, a preocupação fundamental no programa TQC é a manutenção e aperfeiçoamento da qualidade. O mesmo autor define qualidade como a combinação de características de produtos e serviços referentes a marketing, engenharia, produção e manutenção, através das quais os produtos e serviços em uso corresponderão às expectativas do cliente. Deste modo, qualidade é constituída a partir da determinação do cliente, baseada em sua experiência real e expectativas, e não de toda a área técnica envolvida na produção de um produto ou serviço.

O Programa TQC produziu melhorias notáveis na qualidade e na confiabilidade do produto em muitas organizações em todo o mundo, possibilitando reduções progressivas e substanciais nos custos da qualidade. Ainda, permitiu às gerências das empresas tratar com firmeza e confiança a qualidade em seus produtos e serviços, ocasionando expansão de mercado e crescimento do lucro.

De acordo com Miyake (1993), o programa TQC parte do pressuposto de que a qualidade final de um produto ou serviço é resultado da interação de toda uma rede de processos intra e inter empresas e promove a conscientização, educação e

mobilização geral dos recursos humanos para que o controle da qualidade seja de fato alcançado.

A política do Programa TQC para o aprimoramento do sistema de manufatura é o Kaizen, ou seja, é baseado na promoção e realização de melhorias de forma contínua e incremental. A dinâmica desse processo de melhoria é, então, representada pelo conceito do ciclo PDCA. Além disso, caso alguma mudança tenha sido executada após a checagem, será imperativo repetir o ciclo. Na verdade, mesmo que o ciclo planejado tenha sido efetivamente realizado, deverá haver uma permanente preocupação no sentido de revisá-lo para aperfeiçoá-lo (Francichini 2001).

Ishikawa (1985) ressalta que a implantação da filosofia TQC depende da assimilação de seis novos critérios de gerenciamento:

- Deve prevalecer a valorização da qualidade em substituição ao interesse prioritário pelo lucro no curto prazo.
- Não deve prevalecer a preocupação apenas com produtos, mas essa deve estar orientada ao cliente.
- Dentro da empresa, deve ser combatida a situação em que cada departamento prioriza a defesa de interesse próprio.
- A análise dos problemas deve ser feita com base em fatos e dados, ou seja, utilizando os métodos estatísticos.
- Os mecanismos de gestão participativos devem respeitar a dignidade humana.
- O gerenciamento deve ser baseado na integração funcional.

O programa TQC apresenta assim uma nova filosofia não apenas para dirigentes, mas também são apresentados novos papéis aos trabalhadores, chefes e especialistas do controle da qualidade; os mesmo que são apresentados em Miyake (1993).

Entre os critérios gerenciais apresentadas no programa TQC, destaca-se a análise dos problemas, a qual deve ser conduzida com base em fatos e dados, ou seja, com a utilização de métodos estatísticos (ISHIKAWA, 1985).

Ishikawa, um discípulo de Deming, lançou a idéia das Sete Ferramentas para o Controle Estatístico de Qualidade. Ishkawa afirmava que o uso dessas ferramentas resolve aproximadamente 95% dos problemas de qualidade em qualquer tipo de organização, seja ela industrial, comercial, de prestação de serviços ou pesquisas. As sete ferramentas da Qualidade são:

- Diagrama de Pareto
- Diagrama de Causa – Efeito
- Fluxograma
- Diagrama de Linha
- Histograma
- Diagrama de Dispersão
- Gráfico de Controle

Para Rangel (1995), algumas dessas ferramentas são mais apropriadas para a identificação de problemas, como por exemplo, o Fluxograma, outras servem para análise de problemas, como o Gráfico de Controle e existem aquelas que podem ser utilizadas tanto na fase de identificação de problemas como na análise de problemas, como é o caso do Gráfico de Pareto e do Diagrama de Causa e Efeitos.

De acordo com Ishikawa (1989; 1993), no controle de qualidade analisa-se, pesquisa-se e previne-se a ocorrência de defeitos, minimizando o prejuízo ou, melhor ainda, evitando que este aconteça. Para tanto, os melhoramentos de qualidade

acontecem através de um projeto, identificando como um problema programado a ser resolvido.

Com a evolução do controle de qualidade, este permitirá não só que a empresa reduza a frequência de erros, do re-trabalho, das falhas de campo, de despesas com garantia, insatisfação dos clientes, com também aumente o rendimento, a capacidade, o desempenho de entrega. Praticar um bom controle de qualidade, é desenvolver, projetar, produzir e comercializar um produto de qualidade que seja mais econômico, mais útil e sempre satisfatório para o consumidor.

2.2 Controle Estatístico da Qualidade

2.2.1 Conceito de Controle Estatístico da Qualidade

O conceito de Controle Estatístico da Qualidade (CEQ) baseia-se no fato de que, para se exercer o controle de um processo, ou uma série de processos que levam ao produto acabado, precisa-se entender seu comportamento. O conceito de Controle Estatístico da Qualidade fornece uma base para se definir o comportamento do processo como bom, aceitável ou ruim. Em função disso, os problemas podem ser rastreados, identificados e eliminados de um processo, de modo que ele continue a produzir produtos com qualidade aceitável (GALUCH 2002).

Historicamente, o conceito de Controle da Qualidade teve início na indústria com a implantação do Taylorismo, no final do século XIX, quando a Gerência passou a incorporar as atividades de planejamento e controle de produção, a fim de atender as necessidades por que passava o capitalismo industrial, sintetizando idéias em desenvolvimento na Inglaterra e nos Estados Unidos, orientando a uma nova Gerência do trabalho industrial (TOLEDO, 1987).

O controle estatístico da qualidade cresceu a partir das idéias pioneiras de Walter A. Shewhart, estabelecidas na década de 20, no estudo da aleatoriedade dos

processos industriais. Através de um sistema desenvolvido por ele, foi possível determinar se a variabilidade de um processo era realmente aleatória ou era devida a causas especiais. Para Davis et al. (2001), Shewhart desenvolveu os fundamentos de controle estatístico utilizado nos dias atuais.

A proposta de Shewhart contemplava a utilização de recursos estatísticos para desenvolver gráficos de controle, a fim de fazer a análise de dados resultantes de inspeção. Shewhart defendia que a importância dada à inspeção para detecção e correção de produtos defeituosos, fosse substituída pelo estudo e prevenção dos problemas relacionados à qualidade, de modo a impedir que produtos defeituosos fossem produzidos, e as causas dos problemas fossem identificadas rapidamente através da análise gráfica (SOARES, 2003).

Durante a II Guerra Mundial, o Controle Estatístico da Qualidade (CEQ), apresentou grande crescimento através da aplicação de seus métodos que permitiam testar e inspecionar uma amostra em vez da população inteira de componentes. Segundo Werkema (1995), esta condição tornava além de mais rápidas, mais econômicas as operações, tendo como exemplo, as munições cujos testes são sempre destrutivos e seria impossível testar 100% dos lotes. Por estes motivos, a Segunda Guerra Mundial foi o grande catalisador para a aplicação de controle da qualidade em um maior número de empresas americanas.

Segundo Paranthaman (1990), o controle estatístico da qualidade consiste em coleta, análise e interpretação de dados com a finalidade de resolver um problema específico. No caso de um processo produtivo, o objetivo é o de monitorar este processo, através de dados coletados durante a atividade, de forma a controlar e restringir a variação aos limites determinados.

Esse mesmo autor também define que, através da aplicação de Controle Estatístico da Qualidade, é possível avaliar, manter e melhorar padrões de qualidade nos diversos estágios de fabricação, onde são aplicados procedimentos e técnicas

que garantem a qualidade de maneira segura e econômica. Estes procedimentos e técnicas ajudam na avaliação de processos em termos de identificação e eliminação de problemas, bem como definir padrões e garantir a padronização da produção.

Para Soares (2001), o Controle Estatístico da Qualidade é composto de dois métodos, a Aceitação por Amostragem, também conhecida por inspeção do produto acabado, a qual avalia os produtos após a produção dos mesmos, e o Controle Estatístico de Processo (CEP), que focaliza o processo enquanto o produto é feito.

2.2.2 Conceito de Controle Estatístico de Processo

O Controle Estatístico de Processo (CEP) compreende a utilização de técnicas estatísticas para analisar o comportamento do processo de fabricação e efetuar ações corretivas que permitam mantê-lo dentro de condições pré-estabelecidas tendo como objetivo, evitar a produção de itens de qualidade insatisfatória, melhorando e assegurando a qualidade de produtos para satisfazer o consumidor final. Este tipo de controle reduz custos, evitando desperdícios e retrabalho, além de maximizar a produtividade, identificando e eliminando as causas de variações do processo, reduzindo a necessidade de grandes inspeções no processo final de produção (GALUCH, 2002).

De acordo com Miranda (1994), o CEP tem por objetivo “registrar as variações existentes em qualquer processo, como forma de identificar desvios de desempenho e, então, atacá-los preventivamente para mantê-los estabilizados dentro da capacidade do processo”.

O CEP, segundo Sommer (2000), é um método preventivo de se comparar continuamente os resultados de um processo com um padrão, identificando, a partir de dados estatísticos, as tendências para variações significativas, e eliminando ou controlando estas variações com o objetivo de reduzi-las cada vez mais.

O CEP permite uma descrição detalhada do comportamento do processo, através da identificação de sua variabilidade, possibilitando seu controle ao longo do tempo, através da coleta continuada de dados, análise e bloqueio de possíveis causas especiais, responsáveis pela instabilidade do processo em estudo. Através do monitoramento pelos próprios operadores, o CEP permite uma rápida identificação de anomalias, proporcionando consistência e previsibilidade no processo, visando à atuação e tomada de decisões na busca de melhorias (PIRES, 2000).

2.2.3 Conceito de Cartas de Controle

A carta de controle é a principal ferramenta estatística de apoio ao CEP. Nas cartas de controle, medições das variáveis que influenciam na qualidade dos itens manufaturados são realizadas em pontos espaçados no tempo e registrados em gráficos, tendo como objetivo avaliar o comportamento dinâmico da variável a partir das medições efetuadas (MARCONDES FILHO e FOGLIATTO, 2001).

As cartas de controle também podem ser definidas como ferramenta estatística de implementação do CEP, fornecendo informações sobre um dado processo, com base em pequenas amostras ou grupos periodicamente coletados. Cada grupo é a imagem do que o processo está fazendo ou produzindo naquele momento, porém, para que os gráficos de controle sejam eficazes, os operadores ou inspetores devem obter grupos de amostra do processo, medir ou inspecionar imediatamente esses itens e computar os valores desse grupo (HRADESKY, 1989).

Segundo Silva (1999), as cartas de controle são construídas num sistema de coordenadas cartesianas, onde o eixo da ordenada é representado pelas medidas feitas de uma determinada característica do produto e o eixo da abscissa representado pelos subgrupos. Na tradicional carta de controle de Shewhart, existem três linhas paralelas ao eixo da abscissa identificadas como uma linha central (LC), relacionada a um valor médio e duas linhas chamadas de limite inferior de controle

(LIC) e limite superior de controle (LSC), aceitáveis como limites para definir o intervalo de mudanças devidas às causas comuns e fixados para contemplar uma variação de mais ou menos três desvios padrões. A figura 1 apresenta um exemplo de carta de controle típica.

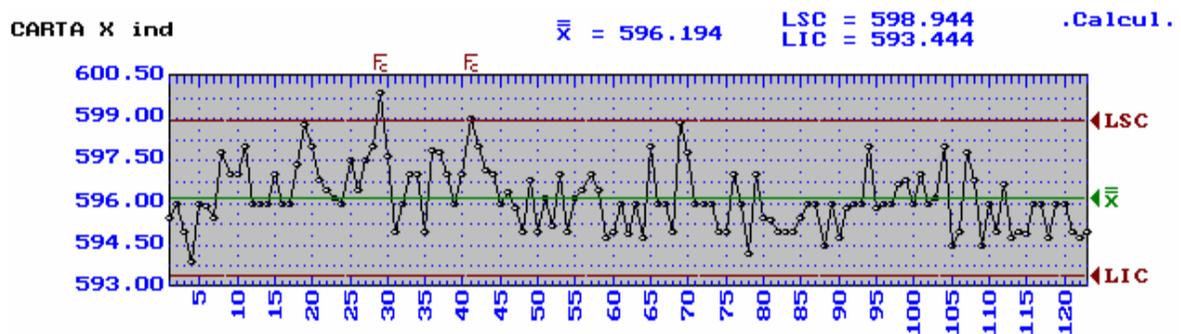


Figura 1 – Exemplo de Carta de Controle. [Fonte elaborada pelo autor]

A coleta de amostras do objeto a ser analisado é o primeiro passo para a construção de uma carta de controle. As amostras devem ser coletadas periodicamente durante o processo de produção, sendo que a frequência de coleta de dados é determinada a partir de considerações técnicas e econômicas, estabelecidas durante a fase de planejamento da produção (FALCÃO, 2001).

2.2.4 Modelos de Cartas de Controle

Segundo Ishikawa (1990), as cartas de controle são classificadas de acordo com o tipo de característica de qualidade por elas monitoradas, podendo ser cartas de controle para variáveis ou cartas de controle por atributos.

As cartas de controle para variáveis são utilizadas quando as características de qualidade podem ser expressas em termos numéricos (Montgomery, 1997). Ou seja, são características mensuráveis e podem ser expressas em uma escala contínua de valores, como exemplo, características que incluem comprimento, peso, resistência, densidade, pureza, tempo ou volume de produção.

As cartas de controle para atributos são utilizadas quando as características não podem ser convenientemente representadas numericamente, classificando-se cada item inspecionado como conforme ou não conforme, permitindo estudar o comportamento de números e proporções ou somente o fato de um certo item estar ou não em bom estado, dependendo da natureza da medição e dos custos envolvidos (Montgomery, 1997). Ou, então, são utilizadas quando as características de qualidade a serem controladas são comparadas com um certo padrão e, por isso, podem assumir valores discretos, como, por exemplo, contagem do número de defeitos em uma unidade de produtos (ISHIKAWA, 1990).

Segundo Soares (2001), se variáveis forem escolhidas como objeto de medição, as cartas para a média (\bar{X}), para a amplitude (R), desvio-padrão (s), para a mediana (\tilde{X}) e para valores individuais (X_i) devem ser as cartas utilizadas para o monitoramento das características de qualidade.

As cartas para a média (\bar{X} -barra) são utilizadas principalmente para observar as mudanças na média e na mediana de uma característica da qualidade monitorada. A carta para amplitude R é utilizada para observar mudanças na amplitude ou a dispersão da característica da qualidade monitorada. As cartas para a média e amplitude são geralmente utilizadas em conjunto, apresentando facilidade na elaboração dos cálculos, porém indica com menor segurança a variabilidade do processo. Trabalha-se com esse tipo de carta para casos em que o tamanho da amostra seja menor que seis (GALUCH, 2002).

Ainda segundo esse autor, as cartas para média (\bar{X} -barra) e desvio-padrão (s) apresentam maior dificuldade de interpretação. São utilizadas para grandes amostras, onde as médias amostrais são registradas e a variabilidade é avaliada através do desvio-padrão.

As cartas para mediana (\tilde{X}) e amplitude (R) são geralmente utilizadas em conjunto e permitem, respectivamente, monitorar a localização (através da mediana amostral) e a variabilidade (através da amplitude) do processo em estudo. Apresentam maior facilidade no controle contínuo do processo, pois não há necessidade de cálculos, porém a mediana é um estimador mais fraco que a média. Contudo, são úteis em análises técnicas e estudos de capacidade de processos (ISHIKAWA, 1990).

Quando se utilizam as cartas de medida individual (X_i) e amplitude (R), são registrados valores individuais de medições e não valores médios. Devem ser utilizadas em situações especiais como processos com taxa de produção muito baixa ou com pouca variabilidade. Para construir o gráfico, adota-se X -barra como sendo a média dos valores individuais e R -barra a amplitude do processo como a média das amplitudes em valor absoluto entre cada leitura de cada par de valores individuais consecutivos (GALUCH, 2002).

Na figura 2 é apresentado um fluxograma de apoio para a determinação do tipo de carta de controle para variáveis a ser escolhida, este modelo é apresentado por Ribeiro e Caten (2000).

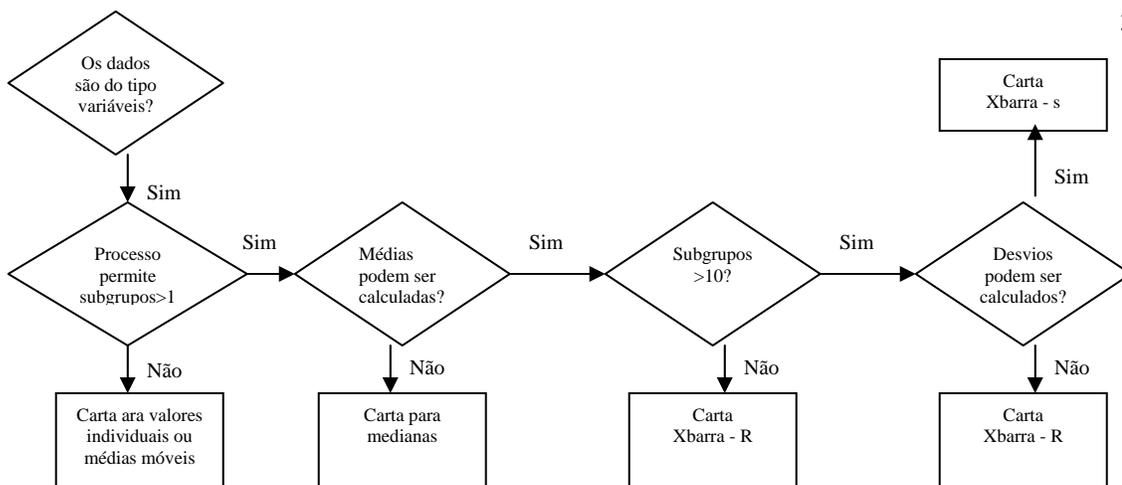


Figura 2 – Fluxograma de apoio para escolha de cartas de controle para variáveis
[Fonte: Ribeiro e Caten, 2000]

As fórmulas para a construção dos tipos de gráficos de controle para variáveis são mostradas na Figura 3.

Tipos de Gráfico	Limites de Controle	
	Gráfico	Fórmulas
Xbarra e R	Média	$LSC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 * \bar{R}$ $LMC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}}$ $LIC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 * \bar{R}$
	Amplitude	$LSC_R = D_4 * \bar{R}$ $LMC_R = \bar{R}$ $LIC_R = D_3 * \bar{R}$
Xbarra e s	Média	$LSC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3 * \bar{s}$ $LMC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}}$ $LIC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3 * \bar{s}$
	Desvio-Padrão	$LSC_s = B_4 * \bar{s}$ $LMC_s = \bar{s}$ $LIC_s = B_3 * \bar{s}$
\tilde{X} e R	Mediana	$LSC_{\tilde{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 * \bar{R}$ $LMC_{\tilde{X}} = \bar{\bar{X}}$ $LIC_{\tilde{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 * \bar{R}$

	Amplitude	$LSC_R = D_4 * \bar{R}$ $LMC_R = \bar{R}$ $LIC_R = D_3 * \bar{R}$
X _i e R	Individuais	$LSC_{X_i} = \bar{X} + 2,660 * \bar{R}$ $LMC_{X_i} = \bar{X}$ $LIC_{X_i} = \bar{X} - 2,660 * \bar{R}$
	Amplitude	$LSC_R = 3,267 * \bar{R}$ $LMC_R = \bar{R}$ $LIC_R = 0$

Figura 3 – Fórmulas para construção de Gráficos de Controle para Variáveis [Fonte: Galuch, 2000]

Os valores A2, A3, B3, B4, D3 e D4 são obtidos através de tabela adequada disponível no Anexo.

As cartas de controle para medição de atributos possuem quatro tipos de gráficos, podendo ser classificados em dois tipos principais - cartas *p* para fração de não-conformes e cartas *np* para número de não-conformes, descritos abaixo (ISHIKAWA, 1990; RIBEIRO & CATEN, 2000):

As cartas *p* também conhecidas como Proporção de Defeituosos são usadas para controlar a porcentagem ou a fração de unidades não-conformes em uma amostra de um determinado tamanho. Como exemplo, elas podem expressar o número de produtos defeituosos em um lote de um certo tamanho.

As cartas *np* ou de Número Total de Defeituosos, são usadas para controlar o número de unidades não-conformes em uma amostra. Suas características principais são: necessitar que o número de amostras seja constante e ser de fácil manuseio pelos operadores.

As cartas *c* cartas para o Número de Defeitos na Amostra são usadas para controlar o número de não-conformidades em uma amostra. O número de amostras

deve possuir mesmo tamanho e pode controlar o número de defeitos em um meio contínuo, como exemplo, o número de riscos em uma determinada medida de chapa pintada ou, quando um produto pode apresentar mais de um tipo de defeito.

As cartas u ou de Defeitos por Unidade são usadas para controlar o número de não-conformidade por amostra considerada como uma unidade. As amostras não precisam possuir tamanho fixo. Como exemplo, pode ser usada para o monitoramento de não conformidades por unidade observada em refrigeradores em lotes de tamanhos diferentes.

Na figura 4 é apresentado um fluxograma de apoio para a determinação do tipo de carta de controle para atributos a ser escolhida, este modelo é apresentado por RIBEIRO e CATEN (2000).

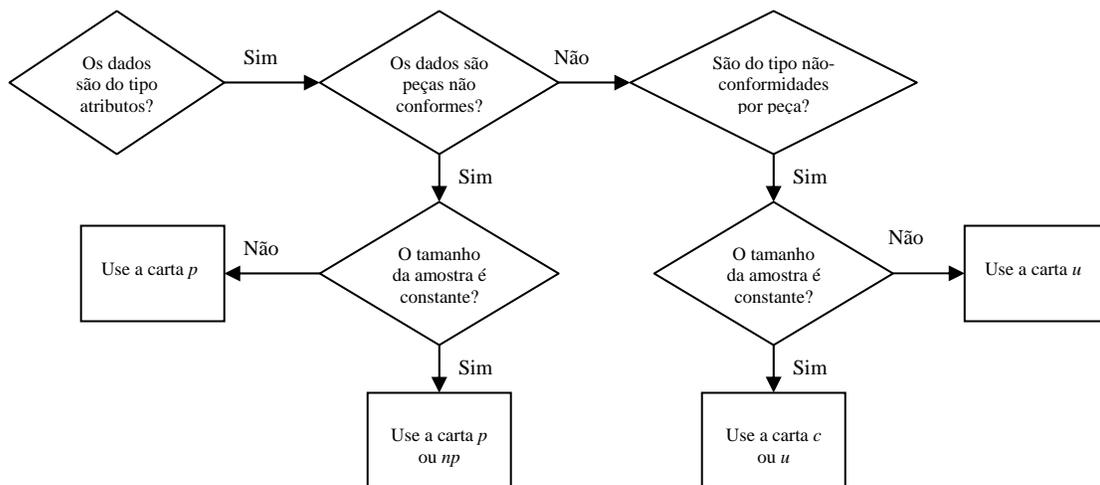


Figura 4 – Fluxograma de apoio para escolha de cartas de controle para atributos

[Fonte: Ribeiro e Caten, 2000]

A Figura 5 mostra as fórmulas para a construção dos Gráficos de Controles para atributos.

Tipo de Gráficos	Fórmulas	
	Linha Média	Limites de Controle
p Proporção de Defeituosos	$\bar{p} = \frac{\sum d}{\sum n}$	$\bar{p} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$
np Número total de Defeituoso	\bar{np}	$n\bar{p} \pm 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$
c Número de Defeituosos na Amostra	$\bar{c} = \frac{\sum c}{m}$	$\bar{c} \pm 3\sqrt{\bar{c}}$
u Defeitos por Unidade	$\bar{u} = \frac{\sum c}{\sum n}$	$\bar{u} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$

Figura 5 - Fórmulas para construção de Gráficos de Controle para Atributos [Fonte: Galuch, 2000]

Sendo:

n = tamanho da amostra

m = número de amostras

c = número total de defeitos em todas as unidades da amostra

d = número de peças defeituosas

3= intervalo de confiança

2.3 Implantação de Controle Estatístico da Qualidade

Na etapa de implantação de CEQ serão utilizados alguns conceitos relacionados ao processo produtivo e seus elementos, os quais são esclarecidos nesta seção.

2.3.1 Conceito de Processo

Segundo Juran (1995), Processo é uma série sistemática de ações direcionadas para a consecução de uma meta.

Para Campos (1992), Processo é um conjunto de causas que provocam um ou mais efeitos. Sendo as causas os equipamentos de medição, as máquinas, as matérias primas, a luminosidade do local, a mão de obra treinada, o método de fabricação, que devem ser gerenciados com o objetivo de chegar a algum efeito.

Paladini (1997) define o Processo como sendo qualquer conjunto de condições ou causas que, agindo juntas, geram um dado resultado.

Segundo Rangel (1995), o Processo é um conjunto de atividades predeterminadas que são feitas para gerar produtos ou serviços que atendam às necessidades dos clientes.

Em um conceito mais amplo, Processo pode ser definido como uma combinação de causas: insumos (matéria-prima), métodos ou procedimentos, informação do processo ou medidas, pessoas (mão de obra), condições ambientais, máquinas e equipamentos, tendo como objetivo a fabricação de um bem ou o fornecimento de um serviço (WERKEMA, 1995).

A caracterização para um processo está representada na figura 6:

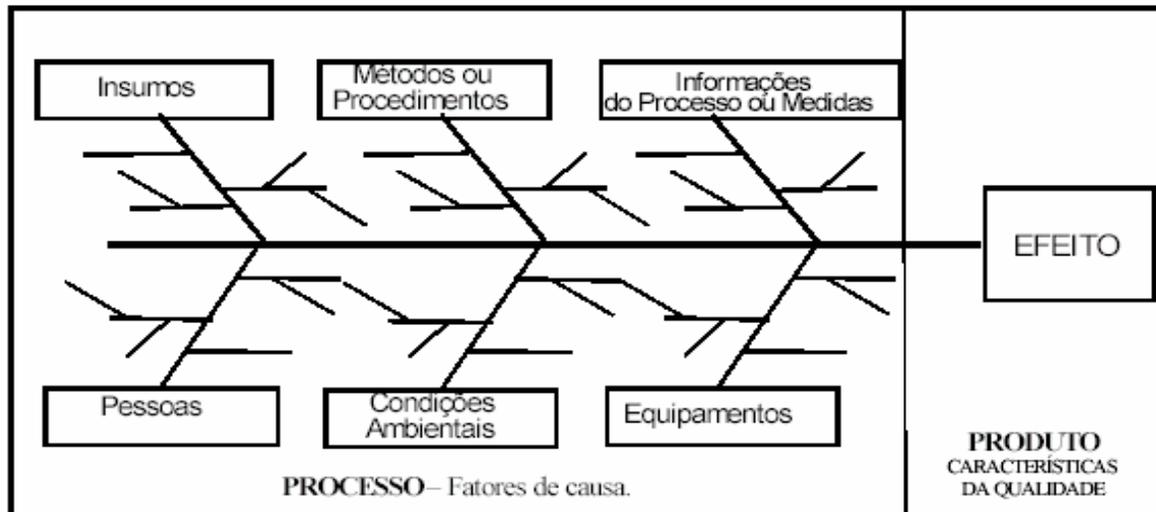


Figura 6 – Caracterização para um Processo através do Diagrama de Ishikawa

[Fonte: Adaptado de Ishikawa, 1993]

2.3.2 Capacidade do Processo

O estudo da Capacidade de um processo refere-se à capacidade que este tem em produzir produtos que atendam as especificações de projeto e, conseqüentemente, possam satisfazer as necessidades dos clientes quanto ao nível de qualidade esperada.

Segundo Keller (2001), para que um processo esteja sob controle ou estável, apresentando previsibilidade, é necessário o controle estatístico já estar estabelecido antes do cálculo da capacidade do processo. Se o processo não apresenta estabilidade, possui então comportamento imprevisível, não havendo sentido a sua avaliação. Somente processos estáveis devem ter sua capacidade avaliada.

Para Sommer (2000), a Capacidade de um processo envolve a comparação dos “Limites Naturais” do processo com os “Limites Especificados”, sendo, através desta comparação, classificado o processo quanto a sua capacidade em:

- Processo Capaz: quando o resultado das medições encontra-se dentro dos limites das especificações de projeto, ou seja, estatisticamente não estão sendo produzidos produtos defeituosos.
- Processo Não-Capaz: quando o resultado das medições revela itens fora dos limites das especificações de projeto, ou seja, estatisticamente existem indicações que estão sendo produzidos produtos defeituosos.

Para que seja feita a análise de capacidade de um processo, inicialmente, é necessário que seja feita a interpretação da distribuição da variável a ser monitorada e seja estimada a média e a variabilidade dos valores individuais, para, então determinar os limites naturais do processo (PIRES, 2000).

2.3.3 Índices de Capacidade de Processo

Existem alguns índices ou coeficientes usados em relação à capacidade do processo. O Cpk é o coeficiente de capacidade efetiva do processo. O Cp é o coeficiente de capacidade potencial do processo. O Cpk e o Cp são muito utilizados em processos técnicos e raramente em processos administrativos, de serviços ou transações (WILSON, 1999).

Segundo Pierozan (2001), o Cp é utilizado quando é possível assumir que o processo está centrado no valor médio, uma vez que o cálculo do Cp leva em conta apenas as especificações do processo e sua variabilidade.

Wilson (1999) indica que a capacidade potencial do processo (Cp) é definida pela razão entre a dispersão permitida e a dispersão real. A dispersão permitida ou de especificação é a diferença entre o limite de controle superior (LCS) e o limite de controle inferior (LCI). A dispersão real é determinada pelos dados do processo e pode ser calculada multiplicando-se o desvio padrão S por seis, com isto, admitindo-

se um intervalo de confiança de 99,73% para a média. O desvio padrão quantifica a variabilidade de um processo.

$$\text{eq. 1 } C_p = \frac{LCS - LCI}{6 \times S} = \frac{\text{Especificação}}{\text{Dispersão}}$$

Quando um processo possui um valor de C_p menor que 1,0, ele é considerado potencialmente incapaz, ou não capaz de atender as exigências das especificações. Ao contrário, quando o C_p de um processo é maior ou igual a 1,0, o processo é potencialmente capaz de atender as especificações.

O índice ou coeficiente de capacidade efetiva do processo, C_{pk} , mede a habilidade do processo em produzir produtos dentro dos limites de especificação. Representa a diferença entre a média aritmética real do processo e o limite de especificação mais próximo, dividido por três vezes o desvio padrão (WILSON, 1999).

Para Pires (2000), o índice C_{pk} avalia a capacidade efetiva de um processo, verificando-se se o processo está centrado ou não. Se comparado com o valor de C_p , o valor de C_{pk} for menor, o processo apresenta descentralização relativa aos limites de especificação inferior e superior. Quando o valor de C_{pk} resultar igual ao valor de C_p , tem-se um processo centrado. A tabela 1 apresenta valores que permitem a interpretação do índice C_{pk} .

$$\text{eq. 2 } C_{pk} = \left\{ \text{menor de } \frac{\bar{X} - LCS}{3 \times S} \text{ ou } \frac{LCI - \bar{X}}{3 \times S} \right\}$$

Tabela 1 – Adaptação das interpretações do índice Cpk [Fonte: Soares, 2003]

C_{pk}	Interpretação da Confiabilidade	Ações a praticar	Relação do valor nominal e a linha central do processo
$C_{pk} > 2,0$	ALTAMENTE CONFIÁVEL Processo Excelente	Operadores com perfeito controle do processo.	Processo Centrado $C_p = C_{pk}$ Processo fora de alvo $C_{pk} \neq C_p$
$1,33 \leq C_{pk} \leq 2,0$	RELATIVAMENTE CONFIÁVEL Processo Capaz	Há necessidade dos operadores monitorar para evitar deterioração.	Processo Centrado $C_p = C_{pk}$ Processo fora de alvo $C_{pk} \neq C_p$
$1,00 \leq C_{pk} \leq 1,3$	POUCO CONFIÁVEL Processo Relativamente Incapaz	Necessário controle contínuo pelos operadores.	Processo fora do alvo, mas dentro dos limites de Especificação. $C_{pk} < C_p$
$0 \leq C_{pk} < 1$	Processo Incapaz PODE-SE TER PRODUÇÃO DEFEITUOSA	Necessário controle de 100% da produção pelos operadores.	Linha central do processo dentro ou coincidindo com um dos limites de Especificação (pode-se ter até 50% de produção acima ou abaixo dos limites de Especificação) $C_{pk} < C_p$
$C_{pk} < 0$	NÃO TÊM CONDIÇÕES DE MANTER AS ESPECIFICAÇÕES Processo Totalmente Incapaz	Necessário controle de 100% da produção pelos operadores.	Linha central do processo fora dos limites de Especificação $C_{pk} < C_p$ 50 a 100% da produção fora dos limites de especificação $C_{pk} < -1$

2.3.4 Etapas de implantação de controle estatístico de processo

Para que o sucesso seja alcançado na implantação de programas de controle estatístico, é necessário: (i) cultura estatística da organização para aprender a executar processos e resolver problemas, (ii) seguir uma abordagem sistemática, e (iii) adequada postura dos facilitadores para a sua implantação (HRADESKY, 1989).

Segundo Soares (2001), um dos grandes problemas na implantação de um sistema é querer copiar modelos, metodologias ou estratégias que foram sucesso em outras empresas ou países. Uma abordagem flexível na implantação do CEP permite superar as diferenças culturais entre organizações, facilitando a adaptação à cultura e demais peculiaridades de cada organização, setor ou indivíduo.

Os diferentes modelos de abordagem de implantação de controle estatístico de processo são apresentados na tabela 2, segundo Alves, Neumann & Ribeiro (2003) adaptado de Schissatti, (1998).

Tabela 2 – Diferentes abordagens de implantação de CEP [Fonte: Alves, Neumann & Ribeiro (2003) adaptado de Schissatti, (1998)]

Etapas	Modelo Motorola	Modelo Breyfogle	Modelo Montgomery	Modelo Owen
1ª	Priorizar oportunidades de melhoria	Fornecer educação em metodologias estatísticas	Escolher a carta de controle apropriada	Obter compromisso
2ª	Selecionar o time de trabalho	Identificar e otimizar processos chaves e parâmetros de produto	Determinar quais características devem ser controladas e onde as cartas de controle devem ser implantadas	Formular uma política
3ª	Descrever o processo total	Definir tolerâncias dos parâmetros chaves	Executar ações para promover a melhoria dos processos	Indicar um facilitador
4ª	Analisar a performance do(s) sistema(s) de medição	Planejar a construção de cartas de controle, estabelecer limites de controle e planejar a avaliação dos índices de estabilidade		Definir uma estratégia de treinamento
5ª	Identificar e descrever as etapas críticas do processo / produtos críticos	Implantar controle estatístico de processo e um sistema gerencial que garanta a melhoria		Treinar gerentes e supervisores
6ª	Isolar e verificar os processos críticos	Avaliar a capacidade de processos		Informar aos sindicatos
7ª	Estudar a capacidade dos processos	Transferir a responsabilidade pela melhoria contínua para a manufatura		Obter compromisso dos sindicatos
8ª	Implementar condições ótimas de operação e métodos de controle			Informar os operadores
9ª	Monitorar o processo			Envolver fornecedores
10ª	Reduzir causas comuns de variação			Coletar dados
11ª				Planejar um plano de ação para os sinais de falta de controle
12ª				Rever os processos de avaliação da qualidade
13ª				Estruturar a administração

				do CEP
14 ^a				Treinar os operadores
15 ^a				Implantar cartas de controle
16 ^a				Melhorar os processos

As cinco etapas a seguir propostas por Pires (2000), estabelecem uma abordagem para a implantação de controle estatístico de processo:

- 1^a Etapa: Definição do Projeto;
- 2^a Etapa: Planejamento da Implantação de CEP;
- 3^a Etapa: Treinamento;
- 4^a Etapa: Implantação Efetiva;
- 5^a Etapa: Acompanhamento e Consolidação.

Etapa 1 - Definição do Projeto: nesta etapa são apresentadas as definições de escopo, que devem conter: (i) escopo do projeto, (ii) objetivos, (iii) resultados esperados a partir da implantação de CEP, (iv) custos de implantação e, (v) cronograma de implantação. Ainda nesta etapa deve ser definida a equipe de trabalho e deve ser feito o lançamento do programa através de palestras.

Etapa 2 - Planejamento da implantação: Nesta fase é importante a participação das pessoas envolvidas com a linha de produção, as quais devem sentir-se co-responsáveis e comprometidas com a implantação do sistema. Nesta etapa, os seguintes aspectos devem ser observados:

- a) Para que o CEP não se torne gargalo na produção, não se deve utilizar um número excessivo de cartas de controle;
- b) A demanda de qualidade do cliente deve determinar as etapas prioritárias de aplicação de CEP no processo;

- c) O CEP deve estar associado a uma estratégia de ação: coletar dados e não agir implica em desperdício de tempo e recursos.

De acordo com Soares (2001), a etapa de planejamento da implantação é apresentada através de um roteiro que deve conter:

- a) Definição dos objetivos de CEP: onde é feita a análise crítica da real necessidade da implantação de CEP.
- b) Definição do sistema integrado de gerenciamento da qualidade: o CEP é estruturado dentro dos demais sistemas de gestão da empresa, seguindo as etapas de Planejamento, Controle e Melhoria da Qualidade, apresentadas por Juran.
- c) Seleção dos processos: o processo é escolhido de maneira que possam ser controladas as suas principais fontes de variabilidade, facilitando o aprendizado: paralelamente, devem ser selecionados funcionários sujeitos (favoráveis) a mudanças.
- d) Seleção das características de qualidade: devem ser analisados dois tipos de processos:
 - (i) Processos em desenvolvimento: com a utilização de ferramentas do tipo: QFD e FMEA para determinar as características mais importantes.
 - (ii) Processos implantados: com a utilização da análise de Pareto e ferramentas do tipo FMEA para determinar as características mais importantes.
- e) Planejamento da mudança organizacional: nesta etapa, deve ser analisada e planejada (i) definição de responsabilidades, (ii) estruturas de administração e transição, (iii) comportamento da administração, (iv) treinamento, (v) comunicação.

Etapa 3 – Treinamento: para que todos envolvidos sejam capazes de interpretar os dados coletados no CEP, o treinamento deve ser aplicado antes da implantação efetiva de CEP, podendo ser ministrado por diferentes níveis e funções, diferenciados por níveis hierárquicos dos funcionários na empresa.

Segundo Alves, Neumann & Ribeiro (2003), a etapa de treinamento deve conter uma carga horária suficiente para capacitar o grupo de funcionários a desenvolver as atividades futuras propostas no CEP: análise estatística, elaboração de cartas de controle, monitoramento das cartas de controle e análise das causas especiais.

Etapa 4 - Implantação Efetiva: nesta etapa deve-se definir a data de início da coleta de dados bem como a equipe de trabalho para coletar e digitar os dados coletados. Depois de coletados os dados por um determinado período, devem ser calculados os limites de controle e construídas as cartas de controle (PIRES, 2000).

Ainda segundo esse autor, durante a etapa de implantação, a padronização das tarefas deve ser feita através das identificações das tarefas operacionais e tarefas críticas, devendo as tarefas críticas estar descritas em um procedimento padrão e difundidas através de treinamento dos operadores.

Segundo Hradesky (1989), nesta etapa a equipe deve definir quem irá coletar os dados, qual a frequência com que eles serão coletados, em que formato devem aparecer, e o que será feito com os dados coletados. A escolha de quem coleta informações depende do tipo de dados usado sendo os dois fatores mais importantes: (i) atribuição de responsabilidade e (ii) acurácia das informações.

Etapa 5 - Acompanhamento e Consolidação: de acordo com Pires (2000), nesta etapa deve ser feita uma avaliação da sistemática de ações, para que seja aprimorado o sistema de controle de processo. Isso envolve analisar a estabilidade

dos processos adotando-se procedimentos de identificação e eliminação de causas especiais.

Também é necessário fazer a análise da capacidade do processo, adotando-se estudos de otimização dos processos através de grupo de ação de melhoria da qualidade.

De acordo com Soares (2001), a etapa de avaliação da estabilidade do processo está dividida em:

- a) Seleção do recurso estatístico: seleção do tipo de carta (variável ou atributo);
- b) Elaboração do plano de amostragem: identificação das variáveis ou fontes de variação;
- c) Período de coleta de dados: definição do tempo necessário para tornar o processo estável;
- d) Análise das cartas de controle: análise das causas especiais;

Para Piorezan (2001), na etapa de análise da capacidade dos processos, são adotados estudos de otimização dos processos através de grupos de ação de melhorias de qualidade. Uma avaliação da sistemática de ação, realizada em conjunto com toda a equipe de implantação de controle estatístico de processo, permite analisar e aprimorar o sistema implantado através da verificação dos procedimentos de coleta de dados, registro e ação de melhorias.

2.3.5 Vantagens e Desvantagens da implantação de controle estatístico de processo

Segundo Soares (2001), a questão do custo de implantação é alvo de fortes críticas das altas gerências, principalmente as resistentes a mudanças nas empresas. É comum para elas refugarem ou postergarem programas de melhorias

da qualidade por acharem que os mesmos são muito caros, acreditando que o custo x benefício não recompensa. Esta idéia equivocada é ajudada pela própria dificuldade de se medir o custo da qualidade.

Defendendo o ponto de vista que custos totais de qualidade são reduzidos através da melhoria dos processos, Deming (1992), apresenta um modelo que se opõe à visão tradicional e demonstra que, através da diminuição de defeitos produzidos e investimentos em prevenção e inspeção, o custo total é menor que em um processo de baixa qualidade.

Ainda neste sentido, Davis (2001) afirma que alta qualidade não é despesa e sim um custo útil, principalmente quando é dada ênfase à prevenção de defeitos. A lista a seguir apresenta as principais vantagens da implantação de controle estatístico de processo, conforme apresentado por Soares (2001):

- Melhoria da qualidade, melhor conhecimento do processo e onde introduzir melhorias;
- Aumento da produção sob condições ótimas de produção;
- Redução do custo por unidade;
- Redução do nível de defeituosos;
- Redução de refugo / retrabalho;
- Economia no uso de materiais;
- Redução dos gargalos de produção;
- Avaliação científica das tolerâncias, ações baseadas em fatos e não em suposições;
- Redução de inspeção em fim de linha de produção;
- Manutenção da eficiência operacional, eliminação de ajustes desnecessários;
- Conscientização a respeito da qualidade, motivação dos recursos humanos;
- Redução de atrasos de produção;
- Baixo número de reclamações de consumidores.

A caracterização de Custo x Benefício através do conceito de meta de Qualidade Ideal é definida por Juran (1995). Segundo esse autor, a Qualidade Ideal deve atender às necessidades do cliente e do fornecedor da mesma maneira e, também, minimizar seus custos combinados.

As desvantagens de implantação de controle estatístico de processo estão associadas às causas dos insucessos de uma implantação mal sucedida, ou seja, desde que ele seja bem implantado, o resultado apresenta lucros e os efeitos colaterais maléficis não são significativos (SOARES, 2001).

Para Sommer (2000), as principais causas dos insucessos de implantação de CEP estão, em sua maioria, ligadas à execução de forma deficiente ou até mesmo incompleta de algumas das etapas necessárias para a implantação. Algumas destas causas estão listadas a seguir e devem ser objeto de avaliação em auditoria de sistema e treinamento:

- Falta de envolvimento da alta administração;
- Não envolvimento de todas as áreas envolvidas ou resistência a mudanças;
- Falta, perda ou não priorização de dedicação ao programa;
- Priorização errada das características de processo ou produto a serem controladas;
- Falta de conhecimento necessário para a aplicação de conceitos básicos de estatística;
- Falta ou não acompanhamento de um cronograma de atividades;
- Falta de ação corretiva por não investigação ou desconhecimento de causas comuns e especiais;
- Ineficiência dos programas de treinamento tornando métodos e ferramentas simples em elementos complicados;
- Falta de padronização das tarefas operacionais;

- Falta ou falhas na divulgação do programa de CEP na empresa ou espera de grandes resultados em curto prazo.

Para Kume (1993), "...o aspecto que importa não é apenas o conhecimento dos métodos estatísticos, mas a atitude do indivíduo no sentido de querer aplicá-los".

3 PLANEJAMENTO E DESCRIÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DO CEP

3.1 A Empresa

3.1.1 Histórico da Empresa

A AB ELECTROLUX foi fundada em 1919, na Suécia, pela fusão da AB Lux e Elektromekaniska AB. Atualmente, o grupo se compõe de mais de 500 unidades espalhadas em cerca de 90 países.

Possuidora de diversas marcas, cada qual com sua característica específica, sem perder a identidade corporativa, a Electrolux atua nos mais diversos setores, desde a produção de equipamentos para a exploração florestal, aos utensílios e eletro domésticos para o lar, indo aos produtos industriais e de uso comercial. Dentre as principais marcas pertencentes ao grupo, podemos destacar:

ELECTROLUX;
FRIGIDAIRE;
WHITE WESTINGHOUSE;
PROSDÓCIMO;
KELVINATOR;
AEG
TAPPAN;
GIBSON;
HUSQVARNA;
ZANUSSI;
AMERICOLD;
LUX.

Estas marcas foram, ao longo do ano de 2003, responsáveis por uma participação no faturamento conforme apresentado na figura 7.

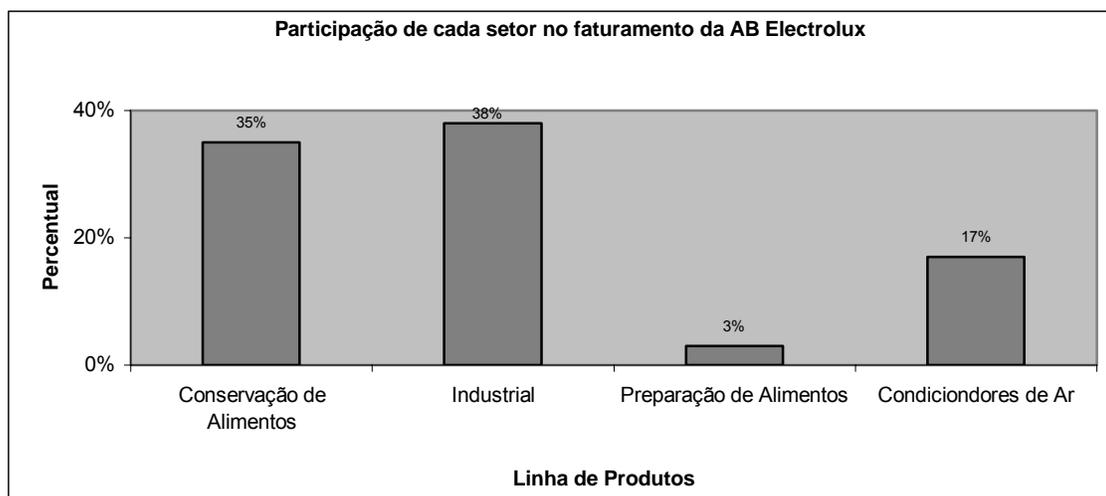


Figura 7 - Gráfico da participação de cada área do grupo AB ELECTROLUX 2003

[Fonte: Electrolux do Brasil]

3.1.2 Mercado de Atuação

O principal mercado de atuação do grupo AB Electrolux na América Latina é o Brasil, onde detêm a supremacia do mercado de freezer (aproximadamente 52% de participação no mercado), aspiradores de pó e enceradeiras (mais de 70% de participação no mercado). Quanto às linhas de refrigeradores, destaca-se na segunda posição com 43% de participação no mercado.

Com a abertura do mercado e a estabilidade econômica, surgiram novas empresas, disputando um segmento no qual, desde 2001, a Electrolux obtém um crescimento da ordem de 31% e que possui, segundo estimativas, um potencial de cerca de 8 milhões de refrigeradores/ano.

Dentre os principais concorrentes da Electrolux do Brasil, tanto novos como tradicionais, podem ser destacadas:

Grupo MultiBras (Consul e Brastemp);
LG (Goldstar);
Samsung;
GE (Dako);
Bosh/Siemens (Metalfrio);
CCE/Merloni;
Steigleder;
Esmaltec.

3.1.3 Linha de Produtos

As principais linhas de produtos fabricados pela Electrolux no Brasil podem ser divididas em três modalidades:

a) Linha Branca

Refrigeradores;
Freezers Domésticos;
Freezers Comerciais;
Expositores;
Máquinas de Lavar Roupas;
Micro Ondas.

b) Linha de Elétro Portáteis

Liquidificadores;
Ventiladores;
Mixer;
Cafeteiras;
Batedeiras;
Enceradeiras;
Aspiradores de Pó.

c) Máquinas Compressoras

Máquinas para lavagem de carros;

Compressores de água industriais.

3.2 O Processo

O processo que será estudado faz parte da área de produção de componentes, a qual é dividida em seis etapas. Para melhor compreendê-las, a figura 8 mostra o fluxograma destas etapas, desde a área de recebimento, até a entrada na linha de produção. Essas etapas serão descritas a seguir.

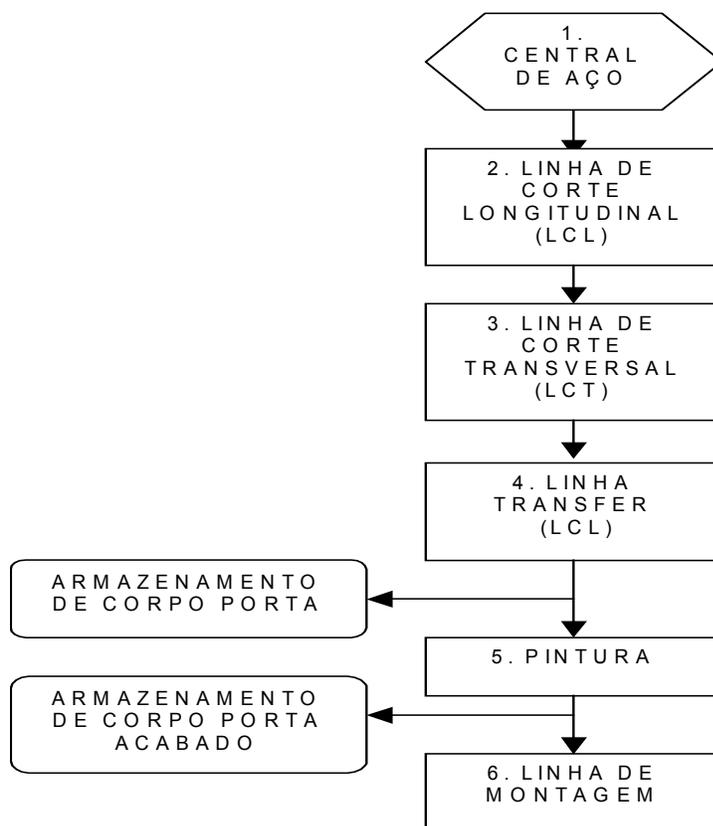


Figura 8 - Fluxograma das etapas de produção da empresa em estudo. [Fonte: elaborada pelo autor]

Etapa 1 - A central de aço recebe a matéria-prima que é fornecida das usinas em forma de bobinas. As bobinas são descarregadas e inspecionadas, sendo verificado o peso total, a largura da bobina e o relatório da usina, no qual consta as características mecânicas do aço fornecido.

Etapa 2.- Nesta etapa, as bobinas são processadas na linha de corte longitudinal (LCL) e transformadas em rolos, que podem ser enviados para fornecedores externos ou para o corte na linha de corte transversal (LCT).

Etapa 3 – Na linha de corte transversal, os rolos se transformam em "chapa item manufaturado" (*blanks*), que seguem para as linhas *transfer*.

Etapa 4 – A linha *Transfer* é composta por uma máquina de estampagem e perfilamento de chapas, que resulta na porta formada. Com capacidade de 220 peças por hora, a máquina é alimentada de chapas (*blanks*) através de um sistema de sucção, composto por ventosas que as elevam até as correias transportadoras, sendo estas, magnetizadas para evitar o deslizamento das chapas durante o processo. Os estampos (furos e cortes) são realizados pela combinação de várias ferramentas que são acionadas através de sistema hidráulico. O perfilamento é realizado por pressão de rolos tracionadores os quais são acionados por motores elétricos. Todo o sistema é controlado por um Controlador Lógico Programável CLP, responsável pelo acionamento de motores elétricos, redutores, unidade hidráulica e sensores.

Etapa 5 – A pintura é alimentada de portas já formadas pelos processos anteriores, através de gancheiras aéreas. O sistema utilizado é o de pintura a pó, que permite alta produtividade com baixa perda de matéria prima, melhor acabamento e baixo impacto ambiental. Após passar pelo processo de pintura, as portas são retiradas das gancheiras e avaliadas visualmente antes de seguirem para a linha de montagem.

Etapa 6 – A linha de montagem recebe as portas armazenadas em carrinhos separadores que evitam que ocorra o choque entre as peças. Nesta etapa as portas são pré-montadas com seus sub conjuntos antes de seguirem para a espumação. Depois de espumadas, as portas seguem para a montagem no produto final.

3.3 O Controle de Qualidade no Processo

O processo em estudo não possuía controle de qualidade em pontos determinados como críticos. Os meios de controle de qualidade eram baseados em uma atuação corretiva sobre os problemas identificados durante o processo de produção ou em dados levantados por quatro pontos de inspeção da qualidade que atuam sobre o produto acabado, não permitindo a ação preventiva sobre os problemas que podem comprometer o produto. Estes pontos de controle serão descritos a seguir:

Primeiro ponto de inspeção: em determinados pontos do processo, cartas de controle registravam os valores de cotas determinadas como críticas nas especificações do componente ou críticas para o processo de montagem, porém, estes registros não seguiam um método sistemático, tornando-o uma tarefa pouco eficiente no que se refere à coleta de dados, análise de desempenho e solução de problemas.

Segundo ponto de inspeção: o segundo ponto de inspeção é o de final de linha, ou seja, após o produto já estar acabado. A inspeção de final de linha é realizada através do monitoramento visual do produto (atributos), na linha de produção, antes do mesmo ser embalado. É realizada por inspetores da qualidade que pertencem à produção, sendo realizada em 100% dos produtos, em pontos determinados como críticos e que permitem uma análise visual. Os dados coletados são lançados em um banco de dados que permite a análise das informações e criação de planos de ação para identificação e eliminação das causas dos problemas, por técnicos e engenheiros ligados à produção.

A definição dos pontos críticos a serem inspecionados no produto é feita através do histórico das falhas que ocorrem na linha de produção ou no produto produzido por ela. A experiência dos envolvidos no processo de produção ou com o produto produzido também são fatores utilizados para esta definição. Na fase de projeto do produto, não são utilizadas ferramentas da qualidade com FMEA ou QFD para determinar estes pontos.

Terceiro ponto de inspeção: o Posto de Auditoria da Qualidade é a área responsável pelo levantamento de dados de não conformidades da linha. Sendo composta por técnicos que possuem maior qualificação técnica e que pertencem à Engenharia da Qualidade, bem como toda a estrutura para inspeção e testes. Tem por objetivo fazer uma inspeção visual (atributos) e funcional (variáveis) do produto acabado em uma amostra que corresponde a 2% da produção. Na inspeção visual são identificadas não-conformidades do produto definidas como características que não atendem a satisfação do consumidor, como: riscos, amassamento, sujeira, mau acabamento ou troca de componentes, e que não comprometem o funcionamento do produto, porém podem não atender as expectativas do consumidor.

A inspeção visual também é composta pela identificação de não-conformidades das características que podem comprometer o funcionamento do produto ou a segurança do consumidor e que, certamente, geram reclamações, como: montagem incorreta de um componente, falta de componentes, componentes quebrados ou danificados, falha no sistema de vedação da porta ou demais características que podem afetar em alto grau o funcionamento do produto.

A avaliação funcional é feita através da leitura da temperatura interna do produto em funcionamento, durante um determinado período de tempo. Esta relação temperatura x tempo gera um gráfico que, comparado com um modelo padrão, permite identificar falhas de funcionamento nos sistemas elétrico ou de refrigeração do produto. Para cada não-conformidade é definido um peso, conforme classificação a seguir:

- S:** Falha que afeta a segurança do operador ou consumidor;
- A:** Falha muito séria que compromete o funcionamento do produto e certamente gera uma reclamação;
- B:** Falha séria que pode não comprometer o funcionamento do produto ou pode gerar reclamação do consumidor;
- C:** Falha menos séria que não compromete o funcionamento do produto, não gera reclamação do consumidor, mas pode gerar insatisfação do consumidor.

As não-conformidades identificadas são lançadas em um banco de dados, seguindo uma padronização para o nome do componente, identificado com o problema e a nomenclatura do problema ou defeito. Esta padronização permite fazer uma consulta dos dados coletados e a análise dos principais problemas da linha de produção, a identificação de problemas epidêmicos e a priorização das ações-corretivas para a sua eliminação.

O quarto ponto de inspeção é o Laboratório de Confiabilidade, que também pertence à Engenharia da Qualidade. Através de uma auditoria no produto acabado retirado do estoque, a amostra corresponde a um produto, através de uma frequência pré-determinada por um cronograma independente do volume de produção. A inspeção visual do produto segue o mesmo padrão do terceiro ponto de inspeção, porém, como o número de produtos é menor (apenas um), permite uma análise mais criteriosa.

Ainda sobre este ponto de inspeção, também são realizados ensaios funcionais do produto, que avaliam todas as características de funcionamento e o atendimento a especificações e normas de classificação para as características de temperatura, características elétricas e de segurança.

Apenas para os dados visuais identificados com alta severidade são solicitados planos de ação corretiva. Para todas as características de funcionamento

que não atendam as especificações ou normas, são abertos planos de ação, a fim de identificar e eliminar as respectivas causas.

Para o terceiro e quarto pontos de inspeção, quando identificado algum problema com severidade alta, é solicitada a interdição do estoque de toda a produção correspondente ao lote produzido, referente a aquele modelo de produto. Nesse caso, possivelmente, será necessário retrabalhar todo o lote. Também podem ocorrer paradas de produção para a identificação e eliminação das causas do problema.

Outro meio de identificação de falhas na linha de produção é feito através de dados chamados de “*Service Call Rate*”, os quais são informações levantadas pela Rede Nacional de Serviços Autorizados dos problemas apresentados em campo que geraram uma reclamação pelo consumidor. Estes dados são enviados pelas oficinas autorizadas que prestam serviço de atendimento aos produtos em garantia, descrevendo o componente que falhou e a falha gerada no produto. Os dados são lançados em um banco de dados que possui um fechamento mensal e propiciam a criação de um indicador de qualidade para o produto pós-venda.

O meio de identificação preventiva de falhas em componentes fornecidos externamente é realizado pela área de recebimento de materiais, ligado a Engenharia da Qualidade, a qual, realiza a análise de características determinadas como críticas nas especificações do componente, tanto de atributos como de variáveis para a peça. Caso seja identificado o não atendimento a uma destas características, é elaborado um plano de ação chamado de Relatório de Não-Conformidades RNC, sendo solicitado ao fornecedor um plano de ação para a solução do problema e a definição do destino a ser dada ao material rejeitado.

Os pontos de inspeção apresentados utilizam em sua maioria atributos para classificar os produtos. Segundo Grant & Leavenworth (1972), essa classificação trás apenas dois resultados: aceito ou rejeitado, permitindo gerar grandes quantidades de

refugo e retrabalho. Sobre esse mesmo assunto, Owen (1989), classifica esse sistema como detectivo, tendo como seu maior objetivo definir se um determinado produto ou lote, já produzido, deve ou não ser aceito.

3.4 O Planejamento da Implantação

A necessidade de reavaliação dos controles de qualidade e implantação de controle estatístico no processo em estudo foi identificada por dois motivos principais: (i) a grande elevação do indicador SCR (*Service Call Rate*), que mede o índice de reclamações por falha do produto em campo; e (ii) a identificação da aplicação incorreta de controle estatístico em alguns pontos do processo identificados como críticos.

Após a identificação da elevação do indicador SCR (*Service Call Rate*), formou-se um grupo composto pelas áreas de Qualidade, Processo, Engenharia e Fornecedores, para fazer a análise dos indicadores, a identificação das causas, promover ações para a eliminação das causas e implantação de controles para prevenção de novas ocorrências.

Para determinar o processo a ser estudado, primeiramente identificou-se o modelo de produto com maior índice de reclamação, através da análise dos dados de SCR em um Diagrama de Pareto. O Diagrama de Pareto, segundo Mirshawka (1990), mostra a frequência de ocorrência de vários eventos, ordenando do mais para o menos freqüente, tendo como principais características:

- 1) Separar os poucos vitais dos muitos triviais;
- 2) Auxiliar na decisão de qual a parte do problema que se deve atacar primeiro;

Com base nos dados, se obteve os resultados que aparecem na figura 9.

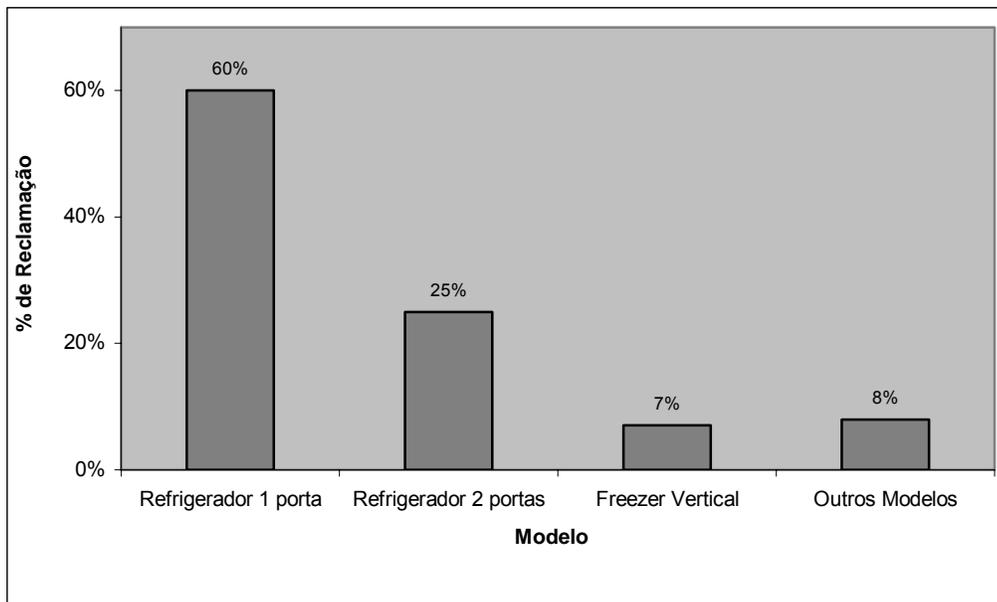


Figura 9 – Diagrama de Pareto para as Reclamações por Modelo. [Fonte: Rede Nacional de Serviços Autorizados Electrolux]

Como se pode observar na figura 9, a linha de produtos com maior índice de reclamação é a linha de Refrigeradores de uma porta, que apresenta 60% de reclamações do total observado no período pesquisado. O próximo passo é a estratificação das principais reclamações dentro do grupo Refrigeradores de uma porta, para a identificação das características mais relevantes exclusivas desta linha.

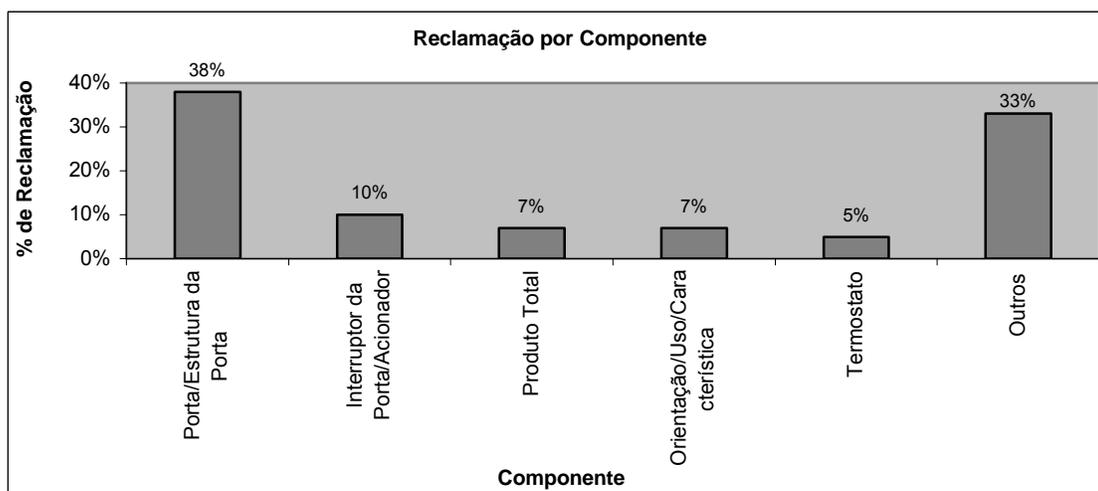


Figura 10 – Diagrama de Pareto para as Reclamações por Componente. [Fonte: Rede Nacional de Serviços Autorizados Electrolux]

O resultado apresentado na figura 10 identifica os componentes com maiores índices de reclamação, podendo neste momento definir a linha de produção e a área de produção de componentes a ser implantado o CEP. O componente Porta do Refrigerador apresentou maior índice de reclamação, com 38% das chamadas. Mais ainda, observou-se que algumas vezes, problemas classificados como “interruptor” e “produto total”, na verdade diziam respeito à porta.

Para melhorar a identificação dos processos críticos a serem controlados, a figura 11 apresenta o gráfico das principais reclamações ou não-conformidades apontadas para o componente Porta, que apresentou maior índice na análise anterior.

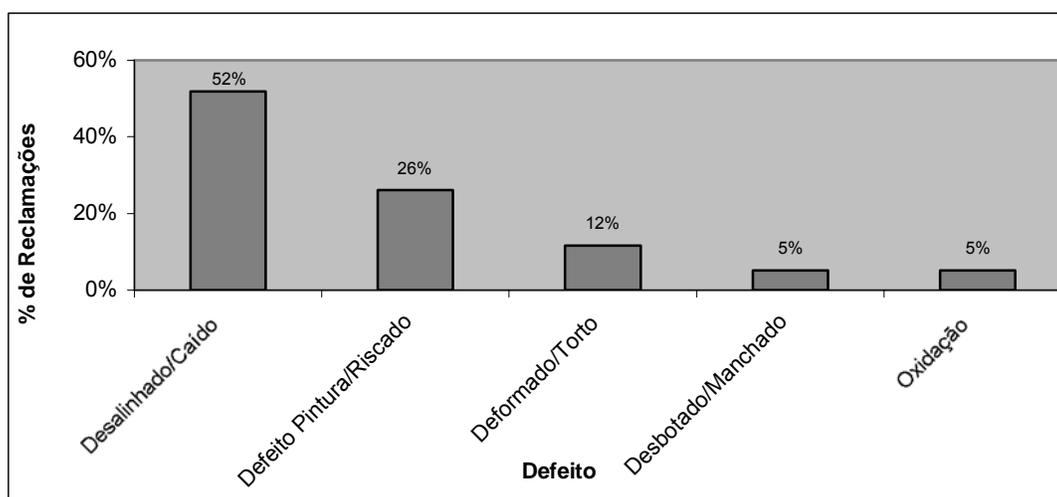


Figura 11 – Diagrama de Pareto para os Defeitos do Componente Porta [Fonte: Rede Nacional de Serviços Autorizados Electrolux]

Com base nos dados apresentados pela figura 11, o defeito Desalinhado/caído apresenta o maior índice de reclamação para o componente Porta, respondendo por 52% das chamadas. Além disso, algumas vezes a classificação “deformado/caído”, na verdade, está associada ao defeito “desalinhado/torto”, o que significa que este problema possui um percentual superior a 52%.

Identificado o principal defeito do componente Porta, o próximo passo é a identificação da característica da qualidade (CQ) que deverá ser controlada. Para isto, será utilizada a metodologia QFD conforme proposto em Caten *et. al.* (2000), tomando como partida, os dados encontrados pela análise de Diagrama de Pareto. Também será utilizado como dado de entrada para a Qualidade Demandada o defeito “Porta não Veda/ penetração de ar”, que representa 30% do total de defeitos para o produto refrigerador de uma porta. Estas informações foram obtidas através do levantamento das principais não-conformidades apontadas no segundo e terceiro pontos de inspeção, descritos na seção 3.3.

A matriz do QFD utilizada neste caso promove o cruzamento entre a qualidade demandada pelo cliente e os processos responsáveis pelo atendimento desta demanda, permitindo identificar quais os processos que mais fortemente contribuem para o atendimento da qualidade demandada.

A identificação das características de qualidade no processo que estão relacionadas com o atendimento da Qualidade demandada é feita a partir do conhecimento técnico dos processos envolvidos, identificando-se variáveis que afetam os processos de fabricação e podem vir a serem analisadas e controladas, buscando melhorar a estabilidade e capacidade dos processos correspondentes, variáveis que não podem ser controladas nos processos de fabricação, mas afetam de alguma maneira seu resultado.

O conhecimento técnico das pessoas envolvidas é fundamental na identificação das correlações que priorizarão as características de qualidade. O cálculo do índice de priorização foi feito considerando-se a importância dos itens da qualidade demandada e a intensidade do relacionamento entre o item de qualidade demandada e a característica de qualidade do produto. A matriz foi preenchida com a opinião da equipe técnica formada por representantes das áreas diretamente envolvidas com o processo em estudo.

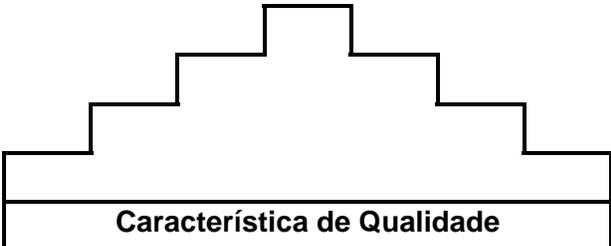
O uso da matriz da qualidade permitiu identificar características de qualidade que contribuem para o atendimento dos itens da qualidade demandada. A priorização das características de qualidade é apresentada na última linha da matriz da qualidade. Uma característica de qualidade é considerada prioritária se (i) atende a vários itens de qualidade demandada, (ii) atende a itens de qualidade demandada com pesos W_i altos, e/ ou (iii) mantém relações fortes com os itens de qualidade demandada.

Seguindo a orientação de Caten *et. al.* (2000), a definição da intensidade da relação entre uma característica de qualidade i e um item de qualidade demandada j , designada por R_{ij} , foi feita usando pesos de importância para cada item através de uma escala contínua de 0 a 9, conforme Tabela 3.

Tabela 3: Escala da intensidade das relações [Fonte: Ribeiro, Echeveste & Danilevicz, 2000]

Relação	Pont.
Muito importante	9
Moderada	3
Pouco importante	1
Nenhuma	0

Em seguida, para definição do índice da característica de qualidade (ICQ_j), criou-se a matriz da qualidade, conforme Figura 12.



Qualidade demandada	Pesos(W_i)	Característica de Qualidade						
		Comprimento	Largura	Peso (Massa PU)	Densidade	Falhas de Desenho	Falhas de Pintura	Falhas de Montagem
Porta caída / desalinhada	50	9	3	0	0	9	0	6
Porta não veda / penetração de ar	30	0	0	9	9	9	0	3
Defeito pintura/riscado	20	0	0	0	0	1	9	3
Índice da Carac. Qualidade(ICQ_j)		450	150	270	270	740	180	450

Figura 12 - Matriz da Qualidade obtida no estudo de caso

Para o cálculo da priorização das características de qualidade, utilizou-se o índice de importância (ICQ_j), o qual é dado pela somatória dos índices de importância dos itens da qualidade demandada (W_i) pela intensidade das relações atribuídas no interior da matriz (R_{ij}), dado pela Equação 3.1:

eq. 3

$$ICQ_j = \sum_{i=1}^n W_i \times R_{ij}$$

Onde:

ICQ_j : índice da i ^{ésima} característica de qualidade do produto, $i=1, \dots, n$.

W_i : peso da importância do i ^{ésimo} item de demanda

R_{ij} : intensidade do relacionamento entre o j ^{ésimo} item de qualidade demandada e a i ^{ésima} característica de qualidade do produto.

Definido o índice para cada característica de qualidade, fez-se o desdobramento dos processos, que permitiram associar essas características aos parâmetros de processo de manufatura, conforme Figura 13.

Índice de C.Q. (ICQ _j)		Características de Qualidade									
		Comprimento	Largura	Peso (massa PU)	Densidade	Falhas Desenho	Falhas pintura	Falhas montagem	Índice de Qualidade	Conhecimento	Índice de Priorização
		450	150	270	270	740	180	450	IQP _i	C _i	IPP _i
Processos Desdobrados	Parâmetros do processo										
Linha transfer	Largura		9			9		9	12060	1	12060
Linha transfer	Acabamento		3			6	6	3	7320	1	7320
LCT	Comprimento	9				6		9	12540	1	12540
LCT	Acabamento	1				1	6		2270	1	2270
LCL	Largura		9			6		9	9840	1	9840
LCL	Acabamento	1				1	6		2270	1	2270
Pintura	Acabamento						9	6	4320	0,7	6171
Pintura	Camada de Tinta						9		1620	0,5	3240
Pintura	Temperatura da estufa						9		1620	1	1620
Espumação	Empenamento	6	6			6		6	10740	0,5	21480
Espumação	Temperatura do molde			3	6		3	3	4320	0,8	5400
Espumação	Pressão de injeção			3	6			1	2880	1	4880

Figura 13 - Matriz de processo obtida no estudo de caso

O preenchimento da matriz dos processos possibilitou a identificação dos parâmetros de processo críticos, fortemente relacionados à satisfação dos clientes. Para identificar os processos críticos, foi quantificada as relações R_{ij} entre as características de qualidade (cabeçalho das colunas), os parâmetros dos processos de manufatura (cabeçalho das linhas). Para definição da intensidade das relações

entre os processos e as características de qualidade a equipe técnica utilizou a escala da Tabela 3, em processo similar àquele descrito para a matriz da qualidade.

Para definição da importância para a qualidade de cada parâmetro e característica de qualidade do processo, foi estabelecido um índice de qualidade (IQP_i), o qual é dado pelo somatório do produto do índice de importância das características de qualidade do produto (ICQ_j), pela intensidade das relações atribuídas no interior da matriz R_{ij} , conforme Equação 4:

eq 4

$$IQP_i = \sum_{j=1}^n (ICQ_j \times R_{ij})$$

Onde:

IQP_i : índice de cada parâmetro e característica da qualidade do processo;

ICQ_j : índice da característica da qualidade obtida a partir da matriz da qualidade;

R_{ij} : intensidade das relações atribuídas no interior da matriz.

A Tabela 4 apresenta a definição da escala para a avaliação do conhecimento (C_i) associado às etapas dos processos produtivos e indica o domínio técnico da empresa sobre seus processos. Estas estimativas são essencialmente qualitativas e foram levantadas a partir do conhecimento e experiência no processo da equipe técnica.

Tabela 4: Escala para avaliação do conhecimento [Fonte: Ribeiro, Echeveste & Danilevicz, 2000]

Conhecimento	Grau de Conhecimento (C)
Muito pouco	0,2
Pouco	0,4
Moderado	0,6
Grande	0,8
Muito grande	1,0

O índice de priorização (IPP_i) para os parâmetros dos processos combina valores de IQP e C , criando um *ranking* de priorização onde parâmetros críticos na composição da qualidade percebida pelos clientes, oriundos de processos com pequeno conhecimento técnico, são priorizados.

O índice de priorização IPP_i é dado através da Equação 5.

eq. 5

$$IPP_i = \frac{IQP_i}{C_i}$$

Onde:

IPP_i : índice de priorização;

IQP_i : índice de qualidade;

C_i : valor do conhecimento técnico associado ao $i^{\text{ésimo}}$ parâmetro do processo.

Conforme os resultados obtidos através do índice de priorização (IPP_i) descritos na Figura 13, definiu-se atuar sobre três problemas principais:

Problema na largura da porta na linha *transfer*;

Problema de comprimento da porta na linha LCT,

Problema de empenamento da porta na espumação.

Definido o processo, fez-se a análise da condição atual do mesmo e foi definido o direcionamento das ações. As ações de melhoria a serem consideradas pela equipe técnica incluem o controle estatístico, bem como ações relacionadas a treinamento, aquisição de equipamentos, treinamento, controle de recebimento e definição de procedimentos para padronização das operações.

A identificação de possíveis ações corretivas, bem como sua aplicabilidade na melhoria dos processos em estudo é feita utilizando a matriz dos processos, descrita

anteriormente. Para tanto, a equipe técnica utilizou uma escala contínua de 0 a 9, conforme Tabela 5.

Tabela 5: Escala para avaliação da efetividade das ações. [Fonte: Ribeiro, Echeveste & Danilevicz, 2000]

Relação	Pont.
Muito efetiva	9
Moderada	3
Pouco efetiva	1
Nenhuma efetividade	0

A figura 14 indica a pertinência das ações de melhoria a cada parâmetro enfocado, baseada na escala da efetividade das possíveis ações de melhoria (Tabela 5). A figura 15 traz o fluxograma genérico de operacionalização das primeiras etapas do planejamento da implantação do controle estatístico de processo, implementado utilizando as matrizes do QFD.

Processos Desdobrados		Parâmetros do Processo		Ações Possíveis			Índice de Priorização (IPI)
				Aquisição de equipamento	Treinamento	Controle de recebimento	
Linha transfer	Largura	9	9			9	12060
Linha transfer	Acabamento	3	3			6	7320
LCT	Comprimento	9				6	12540
LCT	Acabamento	1				1	2270
LCL	Largura		9			6	9840
LCL	Acabamento	1				1	2270
Pintura	Acabamento						6171
Pintura	Camada de Tinta						3240
Pintura	Controle de temperatura						1620
Espumação	Empenamento	6	6			6	21480
Espumação	Temperatura do molde			3	6		5400
Espumação	Pressão de injeção			3	6		4880

Figura 14: Matriz de priorização para direcionamento de ações de melhoria para os parâmetros dos processos no estudo de caso

O processo selecionado para o estudo de caso é o de empenamento da porta na área de espumação. Este processo está localizado na área de Espumação de Portas, descrito no parágrafo 3.2 e, permite maior facilidade de compreensão, treinamento e implantação do CEP, servindo de exemplo e referencial para implantação em outras áreas do processo.

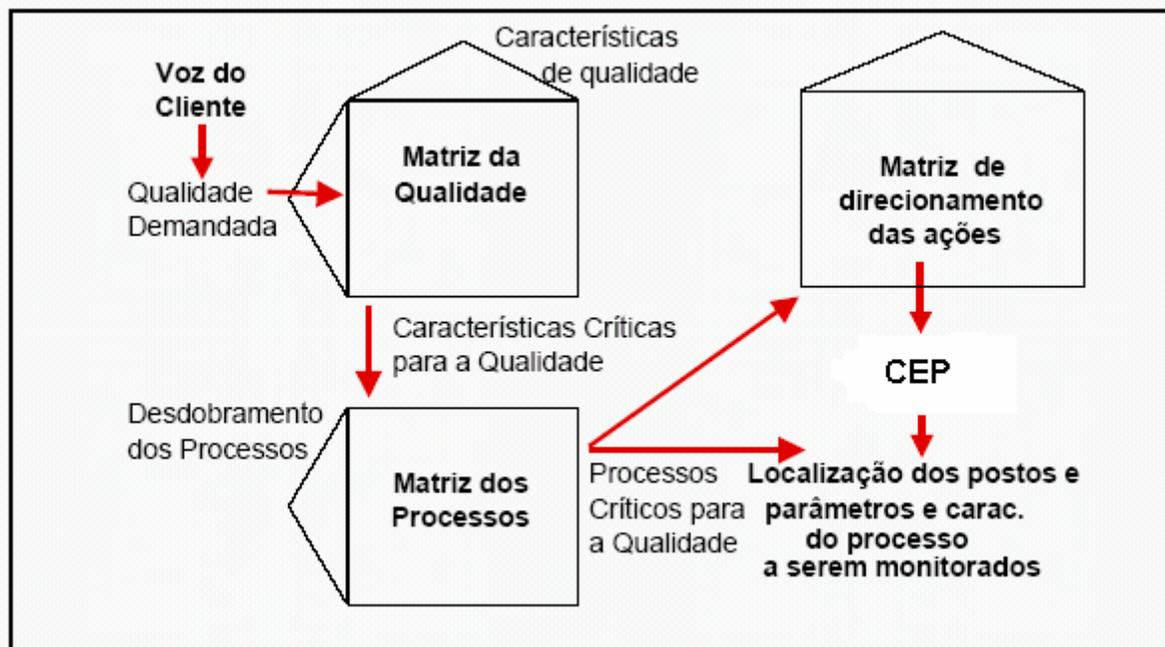


Figura 15: Fluxograma genérico de operacionalização das quatro primeiras etapas do planejamento da implantação do CEP, através das matrizes do QFD [Fonte: Ribeiro & Caten, 2000]

Definidas as características de qualidade do produto que deverão ser controladas pelo CEP, o próximo passo é a implantação efetiva no processo onde serão descritas as variáveis a serem controladas, treinamento das pessoas envolvidas, a coleta de dados e monitoramento do processo.

3.5 A Implantação do CEP no Processo

3.5.1 Definição dos Critérios de Classificação

Nesta etapa, serão definidos os critérios de classificação (também denominados filtros) a serem utilizados na análise gerencial das cartas de controle do CEP. As informações como modelo de porta, dimensões, turno, operador, moldes de injeção, são critérios de classificação devendo ser registradas em conjunto com os dados de qualidade. Dessa forma será possível avaliar a qualidade de cada molde de injeção por turno, ou agrupados por modelo de porta.

A tabela 6 apresenta os critérios de classificação definidos para o estudo de caso:

Tabela 6. - Descrição dos critérios de classificação definidos para o estudo de caso [Fonte: elaborada pelo autor]

Critérios de Classificação	
Modelo de Porta	Turno
Número do Molde	Dimensional
Código da Porta	Equipamento

3.5.2 Definição dos Parâmetros e Características de Qualidade de Processo

Esta etapa é necessária para separar as avaliações referentes a parâmetros de processo (variáveis de processo que qualificam o processo e não estão diretamente ligadas à qualidade do produto final) e aquelas referentes a características de qualidade que contribuem diretamente na qualidade final do produto. Para a variável a ser monitorada no CEP, é necessário definir: (i) o tipo, (ii) a unidade de medição, (iii) o valor alvo e a especificação (para estudos de capacidade).

Tabela 7. - Parâmetros e características da qualidade dos processos alocados no posto *espumação de portas* [Fonte: elaborada pelo autor]

Parâmetros do Processo	
Critério:	Menor é melhor
Unidade de Medição:	Milímetros (mm)
Valor-alvo:	0
Especificação:	0 +2mm

O parâmetro de processo em estudo, empenamento da porta, possui especificação com valor-alvo, e variáveis do tipo menor-é-melhor. Variáveis deste tipo possuem valor-alvo teoricamente igual a zero e não possuem limite inferior de

especificação, sendo necessário apenas definir o limite superior de especificação, a partir do qual as variáveis são consideradas não-conformes.

3.5.3 Definição do Procedimento de Coleta de Dados

Esta etapa implica na determinação das pessoas que irão coletar os dados, com que frequência os dados serão coletados, onde os dados coletados serão armazenados e qual o destino dado após a coleta dos mesmos. Nesta etapa é necessário definir: (i) o tipo da carta de controle, (ii) o tamanho da amostra, (iii) a frequência da amostragem, (iv) a forma de registro dos dados (registro eletrônico em computador ou analógico, em planilha de papel) e (v) sistema de medição. Estas características estão descritas na tabela 8.

Tabela 8. - Descrição do procedimento de coleta de dados do processo *espumação de portas* [Fonte: elaborada pelo autor]

	Tipo de carta de controle	Tamanho da amostra	Frequência	Registro dos dados	Sistema de medição
Parâmetro do processo (variáveis)					
Empenamento da porta	XR	03	Aleatória	Computador	Mesa de desempenho Gabarito Paquímetro Digital

3.5.4 Avaliação do Sistema de Medição

A seguir será avaliada a capacidade do sistema de medição da variável a ser monitorada pelo CEP. Um sistema de medição capaz apresenta uma variância de medição inferior a 10% da amplitude da especificação. Sistemas de medição incapazes devem ser analisados através de estudos de Repetibilidade e Reprodutibilidade (R&R); ver Montgomery (1997), Duncan (1986), entre outros.

Sistemas de medição com capacidade insatisfatória podem ser tornados capazes através de ações de melhorias nos equipamentos de medição, revisão de procedimentos e treinamento dos responsáveis pela coleta dos dados. A avaliação do sistema de medição é uma etapa crítica na implantação do CEP, pois define a qualidade dos dados a serem utilizados no controle estatístico do processo. O resultado da avaliação do sistema de medição no estudo de caso está descrito na tabela 10.

Para tornar o sistema de medição apto para coletar os dados para as cartas de controle, foram necessárias ações de melhoria, pois as primeiras análises do sistema não foram satisfatórias. Após a aplicação das ações, estas tornaram o sistema capaz e com variância de medição inferior a 10% da amplitude das especificações. Estas ações estão descritas na tabela 9.

Tabela 9 - Ações tomadas para aprovar o sistema de medição [Fonte: elaborado pelo autor]

Necessidade	Ação	Justificativa
Estrutura Física	Implantar posto de coleta de dados com temperatura ambiente controlada.	-Evitar efeitos da temperatura e do ambiente no sistema de medição. -Conservação dos dispositivos de medição.
Equipamentos	-Aquisição de bloco de medição -Aquisição de paquímetro digital -Aquisição de relógio comparador -Aquisição de mesa de desempenho	Capacitar sistema de medição

Treinamento	Treinar os técnicos responsáveis pela coleta de dados quanto a: -Utilização dos instrumentos de medição; -Método de medição	Padronização e capacitação do sistema de medição
-------------	---	--

Tabela 10. - Resultado da avaliação do sistema de medição [Fonte: elaborada pelo autor]

PORTA ESPUMADA - EMPENAMENTO							
Nome: RENÉRIO				Nome: ODILSON			
Empen. Total	Primeira Leitura	Segunda Leitura	Diferença (R)	Empen. Total	Primeira Leitura	Segunda Leitura	Diferença (R)
1	0,68	0,66	0,02	1	0,65	0,64	0,01
2	0,7	0,69	0,01	2	0,63	0,64	0,01
3	0,67	0,67	0	3	0,63	0,65	0,02
4	0,7	0,69	0,01	4	0,63	0,64	0,01
5	0,68	0,69	0,01	5	0,64	0,63	0,01
Soma:	3,43	3,4	0,05	Soma:	3,18	3,2	0,06
Média:	0,686	0,68	0,01	Média:	0,636	0,64	0,012
Xbba:	0,683			Xbbb:	0,638		
Rbb	0,011	R de X	0,045				
RPT (VE)	9,51E-05						
RPD (VO)	0,0006	VE+VO	0,025428				
R&R=	3,81%						

3.5.5 Definição das Responsabilidades

Nesta etapa foram definidos os responsáveis pela coleta de dados e digitação dos dados, monitoramento das cartas de controle, cálculo dos limites de controle e estudos de estabilidade e capacidade do processo.

Também foram definidos os responsáveis pelas ações corretivas, no caso do processo sair fora de controle, e ações preventivas para evitar a reincidência do problema.

Os inspetores são responsáveis por recolher e lançar os dados em software específico (*Wincep*), o qual fará o cálculo dos limites de controle e estudos de estabilidade e capacidade do processo no posto de trabalho, sendo as cartas, após

as análises, arquivadas no banco de dados de CEP da área de Manufatura pelo período de dois anos.

Os Engenheiros/Analistas da Engenharia da Qualidade e/ou Manufatura são responsáveis pela identificação e execução de ações corretivas no caso do processo sair fora do controle, e de ações preventivas para evitar reincidências. A definição de atribuições e responsabilidades estão descritas na tabela 11.

Tabela 11. - Definição de atribuições e responsabilidades [Fonte: elaborado pelo autor]

	Responsável pela coleta	Responsável pela digitação	Responsável pelo monitoramento	Responsável pela ação corretiva	Responsável pelo cálculo dos Limites de Controle	Responsável pelo est. de capacidade
Parâmetro do processo (variáveis)						
Empenamento da porta	técnico/inspetor qualidade	técnico/inspetor qualidade	técnico/inspetor qualidade	eng./analista-qualidade/processo	técnico/inspetor qualidade (<i>Wincep</i>)	técnico/inspetor qualidade (<i>Wincep</i>)

3.5.6 Definição da Documentação Necessária

As cartas de controle e os diários de bordo são gerados através do software *Wincep*. Um exemplo de planilha de identificação vem apresentado na figura 16.

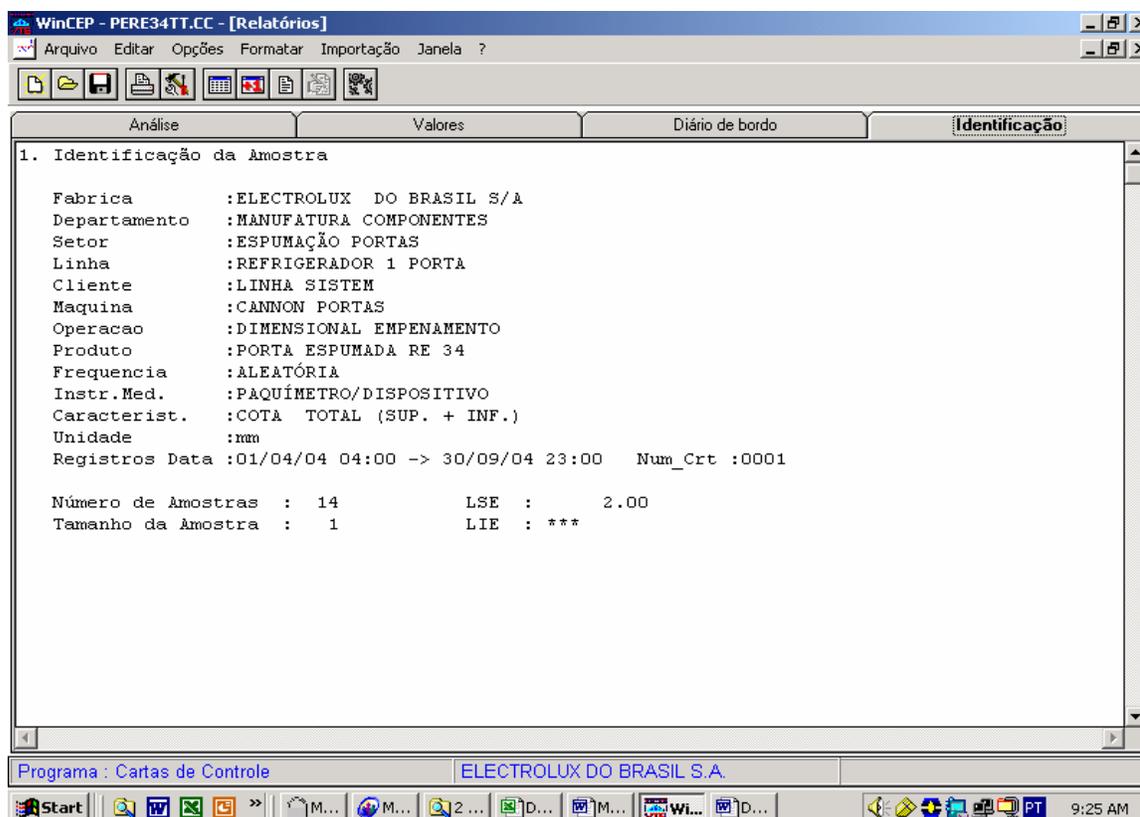


Figura 16. - Exemplo de planilhas de identificação [Fonte: elaborado pelo autor utilizando o software Wincep]

Para padronização das atividades do CEP dentro do sistema da Qualidade, foi criada uma Instrução de Trabalho (IT) tendo como objetivo estabelecer o planejamento e a sistemática para a implantação de CEP. Através desta instrução, todos os envolvidos com o sistema foram treinados e o documento passou a fazer parte do sistema de gestão da qualidade da companhia, a qual possui certificação ISO 9000.

A figura 17 apresenta o fluxograma das etapas de implantação do CEP definidas na IT e que fazem parte da abordagem proposta. Segundo Juran (1993) o fluxograma é um ponto de partida lógico para o replanejamento da qualidade de um processo. Estas etapas estão descritas a seguir:

1. As áreas de Manufatura, Engenharia de Produtos, Engenharia da Qualidade, Engenharia Industrial, através de seus indicadores ou de cotas que considerem críticas, identificam a necessidade de controle estatístico de processo.
2. Um comitê formado por representantes das áreas de Engenharia da Qualidade e Manufatura, realizam a análise crítica da necessidade do controle estatístico de processo e levantamentos preliminares que englobam medição e custos internos.
3. Se após, a análise crítica o comitê identificar a necessidade do controle estatístico de processo, define-se a carta de controle a ser utilizada.
4. Realiza-se então o estudo do sistema de medição (Repetibilidade e Reprodutibilidade) e determina-se a frequência de medição.
5. Se o sistema de medição não for capaz, deverão ser levantadas as necessidades de melhoria e verificada a viabilidade de implantação. Sendo viável, implantam-se as melhorias via KAIZEN e então se verifica a capacidade novamente.
6. Se o sistema de medição for capaz, inclui-se a cota a ser controlada na Lista Máster de Controle Estatístico de Processo, inicia-se a coleta de dados e o registro em meio eletrônico (*Wincep*).
7. Após o registro de no mínimo vinte e cinco amostras, os dados já podem ser analisados. Primeiramente, deve-se analisar a estabilidade do processo (ausência de causas especiais). Causas especiais devem ser eliminadas do processo através de ações de correção e melhoria. Para os processos considerados estáveis, procede-se à análise da capacidade do processo (C_{pk}).

8. O processo será considerado capaz quando o Cpk for maior ou igual a 1,0.
9. Para os processos em que o Cpk for inferior a 1,0 verifica-se a viabilidade para se tomar ações de correção e melhoria, visando o atendimento desta meta.
10. Caso não seja viável a implantação de ações de correção ou de melhorias, é fechado o processo de análise, justificando-se a decisão.
11. As ações de correção e de melhoria são de responsabilidade do Engenheiro/Analista/Técnico de Processo responsável pelo processo em análise.

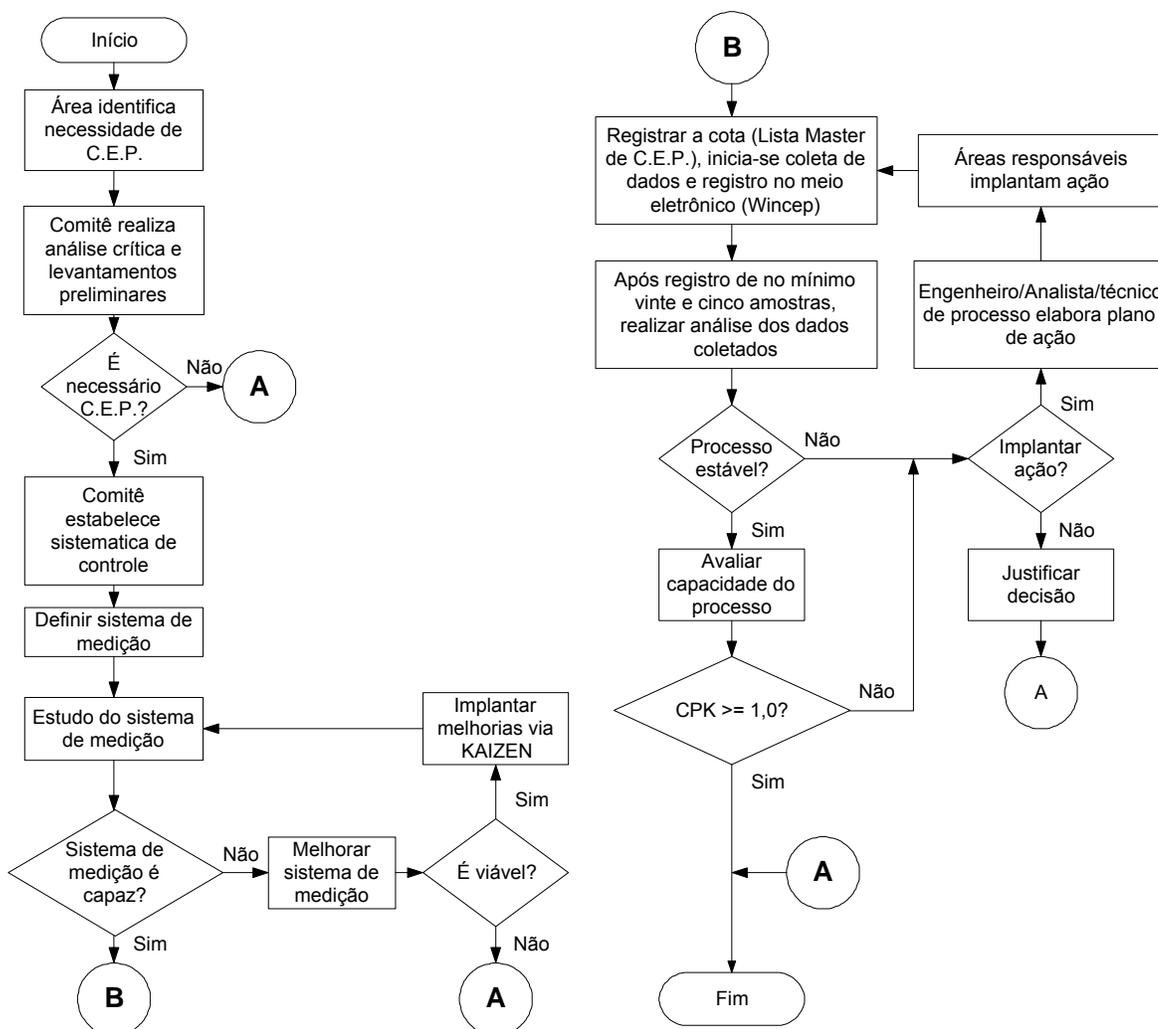


Figura 17 – Etapas de implantação de CEP [Fonte: IT 4.20.1.11 – Electrolux do Brasil]

Conforme descrito no item 6 das etapas de implantação do CEP, a cota ser controlada pelo Controle Estatístico deve ser registrada em uma Lista Máster. Um exemplo desta lista esta apresentada na figura 18.

No treinamento, foram abordados os seguintes tópicos:

- Introdução ao CEP;
- Fundamentos do CEP:
 - Cartas de controle para variáveis e atributos;
 - Conceitos básicos de estatística;
 - Cálculo dos limites de controle;
 - Estudo de capacidade e estabilidade do processo;
- Utilização do *Software Wincep*;

Na primeira etapa, foram treinados três grupos, conforme descrição abaixo:

- 211 pessoas: nível operacional;
- 19 pessoas: nível gerencial, supervisão, engenheiros, analistas;
- 17 pessoas: nível técnico e operacional;

Na segunda etapa, foi realizado um treinamento específico para os técnicos/inspetores da qualidade, responsáveis pela coleta e interpretação de dados. O treinamento teve como objetivo a capacitação e padronização do sistema de medição, no qual foram abordados os seguintes tópicos:

- Utilização dos instrumentos e dispositivos de medição;
- Método de medição das características a serem monitoradas;

A figura 19 apresenta o modelo de registro para os treinamentos realizados no CEP. O registro garante o controle dentro do sistema da qualidade de que o corpo técnico da equipe do CEP está devidamente treinado dentro de suas atividades.

LISTA DE PRESENÇA



NOME DA ATIVIDADE: Treinamento na utilização de paquímetro e dispositivo para efetuar medições de empenamento no subconjunto porta espumada.						
					LOCAL - Laboratório Fábrica II SALA - Laboratório dimensional.	
PREVISTA NO LNT: () SIM (x) NÃO					CARGA HORÁRIA: 60 minutos	
DATA:					MULTIPLICADOR:	
HORÁRIO: hrs					PRÉ-REQUISITOS: Matemática Básica	
Nº	MATRICULA	NOME DO PARTICIPANTE	C.RES.	CARGO	SUPERVISOR	VISTO DE PRESENÇA
01						
02						
03						
04						
05						
06						
07						
08						
09						
10						
11						
12						

Obs.: favor preencher todos os campos em letra de forma e legível.

Figura 19 Modelo de Registro de Treinamento [Fonte: Electrolux do Brasil]

3.5.8 Implantação Efetiva

A implantação efetiva compreendeu as seguintes etapas:

a) Início do monitoramento – nesta etapa definiu-se o início da coleta de dados a serem utilizados no controle estatístico de processo. No processo definido através da priorização das seções anteriores, foram coletadas as amostras que permitiram a coleta dos dados para a característica empenamento da porta, os quais foram lançados no *software Wincep*. A Figura 20 apresenta a tela de entrada de dados do software. Como os recursos de dados na implantação são limitados, os aperfeiçoamentos necessários devem ser introduzidos ao longo do tempo.

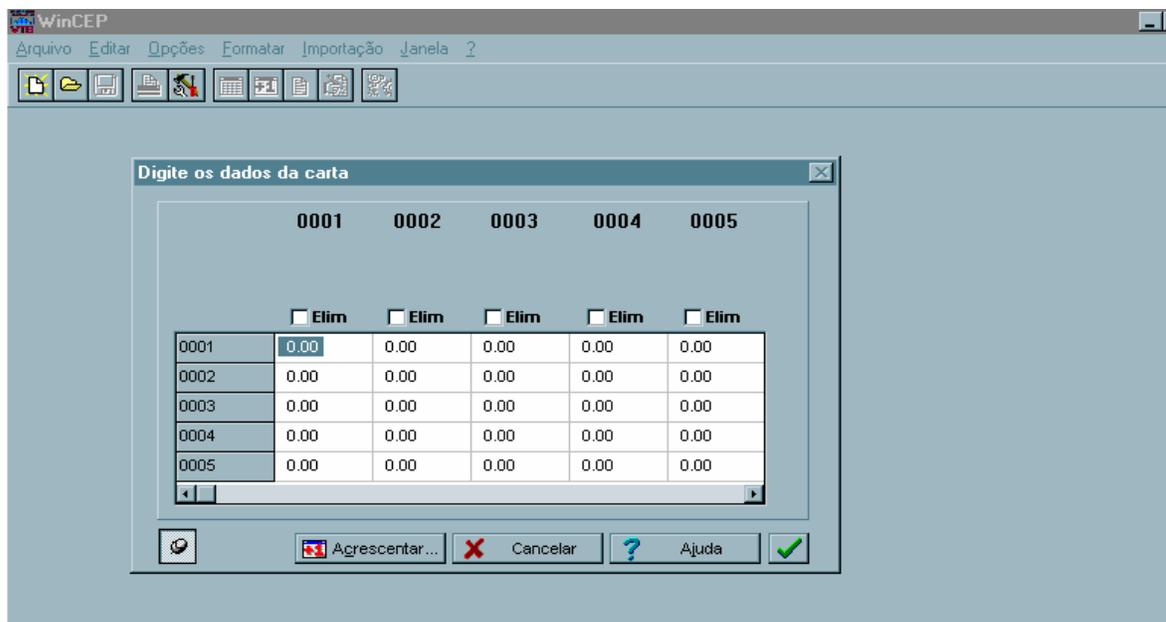


Figura 20 Tela de entrada de dados coletados [Fonte: elaborada pelo autor utilizando o software Wincep]

b) Cálculo dos Limites de Controle: - o cálculo dos limites de controle foi realizado após o preenchimento das primeiras cartas de controle e acrescentados às mesmas. Através da figura 20 é possível observar que a tela de lançamento de dados permite identificar os dados relacionados a causas especiais, devendo, no caso de sua existência, serem identificados para serem desconsiderados do cálculo.

3.5.9 Acompanhamento e Consolidação

O acompanhamento e a consolidação do CEP na empresa em estudo compreenderam as seguintes etapas apresentadas a seguir:

- (i) Análise da estabilidade do processo: a análise da estabilidade do processo foi feita nos postos de controle pelos responsáveis pelo preenchimento das cartas, que foram devidamente treinados na identificação de causas comuns e especiais. No caso de ocorrência de causas especiais, os mesmos atuaram através de ações corretivas para a eliminação das mesmas.

- (ii) Análise da capacidade do processo: depois de lançados os dados coletados pela equipe do CEP, o cálculo da capacidade do processo foi elaborado pelo próprio software, que analisa as tendências e os índices de capacidade do processo.

- (iii) Avaliação da sistemática de ação: - através da análise do sistema implantado, foi possível verificar a eficiência dos procedimentos de coleta de dados, registro e ação. Esta avaliação possibilitou definir ações de melhoria que permitiram identificar as eventuais deficiências e aprimorar o sistema.

4 Análise e Discussão dos Resultados

4.1 Resultados obtidos com a Implantação de Controle da Qualidade

4.1.1 Estudo de Estabilidade

Os dados coletados para a característica de qualidade definida durante o planejamento da implantação do CEP, foram registrados através da identificação de cada molde de espumação. Assim, foi possível realizar o estudo de estabilidade e capacidade por molde, permitindo atuar em pontos específicos sobre as deficiências de cada ferramenta de espumação.

A análise de estabilidade e capacidade no processo monitorado pelo CEP é feita nos próprios postos de controle pelos inspetores responsáveis pelo levantamento e digitação dos dados coletados nas cartas de controle. Estes responsáveis foram treinados na identificação de causas comuns e especiais e instruídos dos procedimentos de execução das ações corretivas a serem tomadas quando da ocorrência de causas especiais. O cálculo da capacidade do processo foi elaborado pelo próprio software, que analisa as tendências e os índices de capacidade do processo.

Como pode se verificar nas figuras 21, 22 e 23, o processo em estudo é estável, não apresentando causas especiais. Sendo o processo estável, o mesmo apresenta comportamento previsível ao longo do tempo, possibilitando avaliar a sua capacidade de produzir portas conforme especificação para empenamento.

Os limites e linhas centrais foram calculados desconsiderando-se as causas especiais, sendo que os limites de controle calculados baseados apenas nas causas comuns, são usados para o monitoramento futuro do processo.

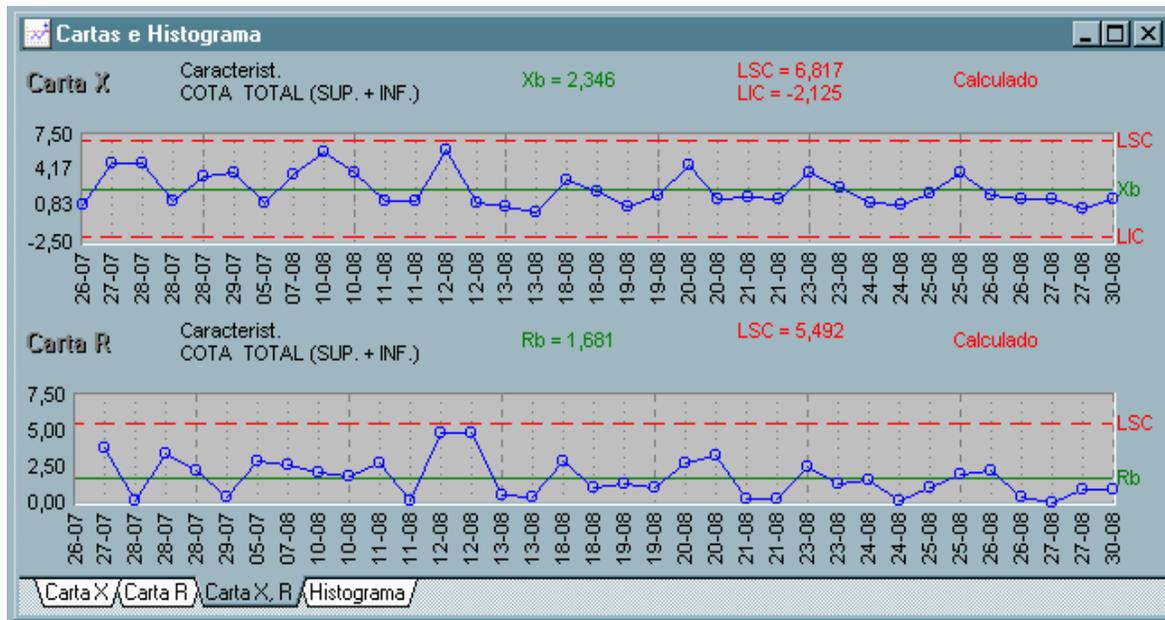


Figura 21 - Carta de controle para empenamento da porta (Molde 1) [Fonte: elaborado pelo autor utilizando o software Wincep]

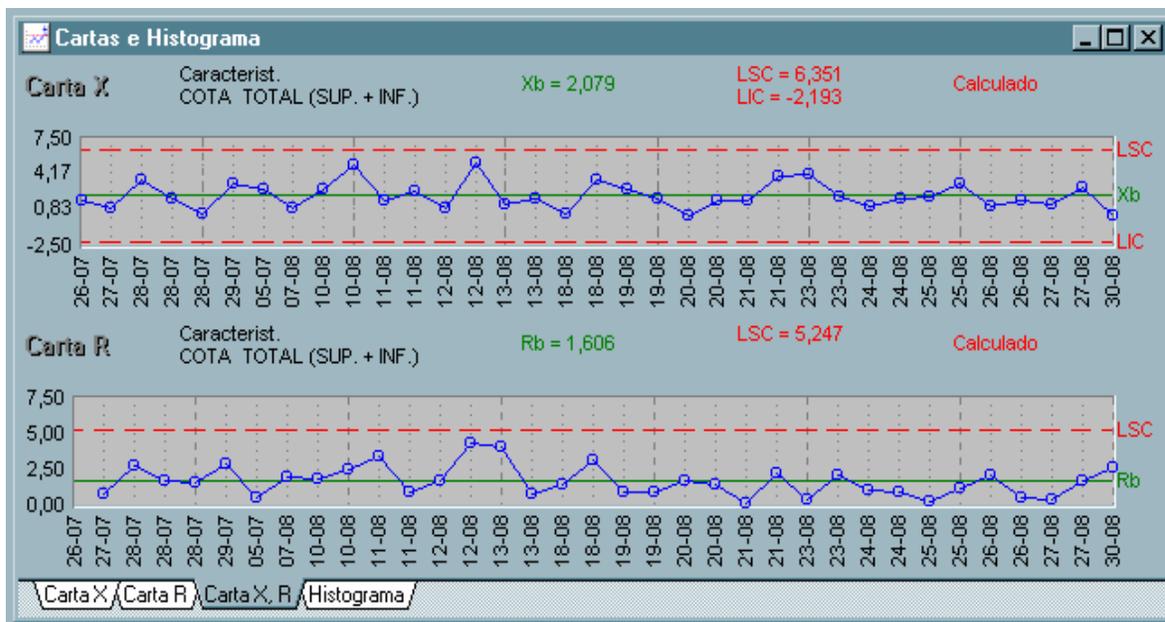


Figura 22 - Carta de controle para empenamento da porta (Molde 2) [Fonte: elaborado pelo autor utilizando o software Wincep]

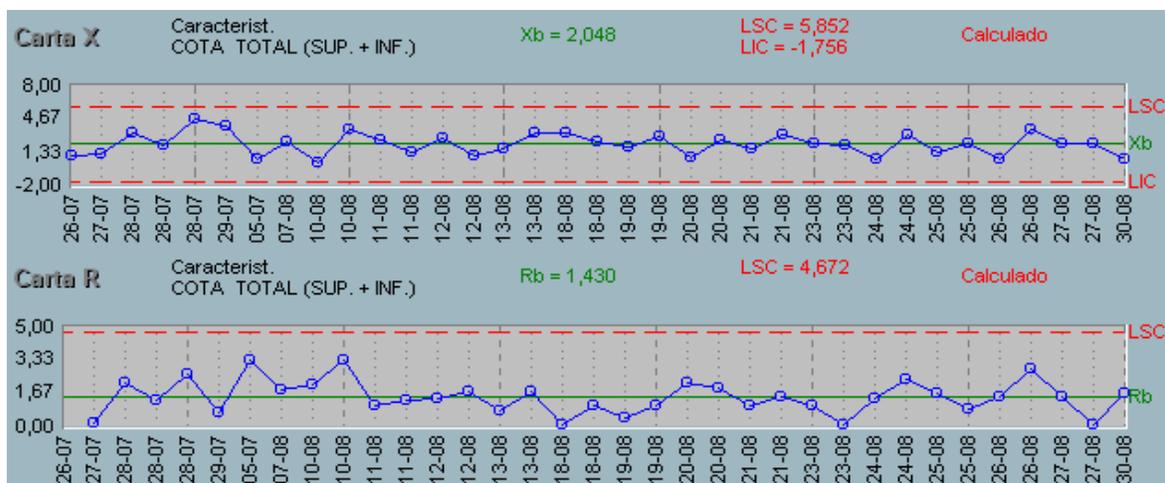


Figura 23 - Carta de controle para empenamento da porta (Molde 3) [Fonte: elaborado pelo autor utilizando o software Wincep]

4.1.2 Estudo de Capacidade

Após a verificação de não existência de causas especiais no processo, a partir do estudo das cartas de controle, a equipe de CEP iniciou a interpretação da capacidade do processo. As figuras 24, 25 e 26 apresentam os histogramas com os resultados desta análise, para cada molde de espumação em estudo.

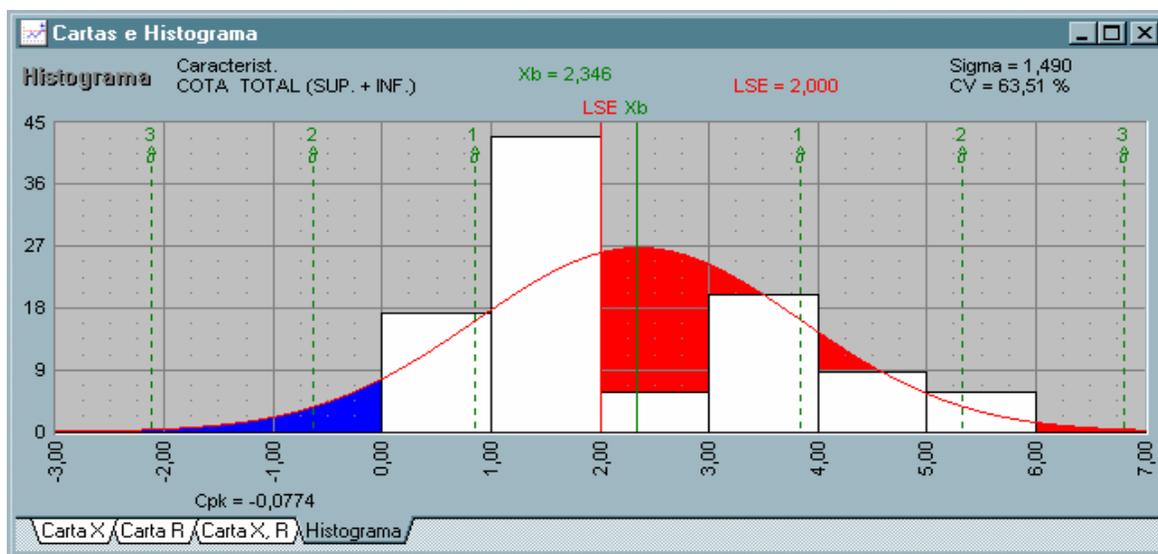


Figura 24 - Histograma da análise de capacidade (Molde 1) [Fonte: elaborado pelo autor utilizando o software Wincep]

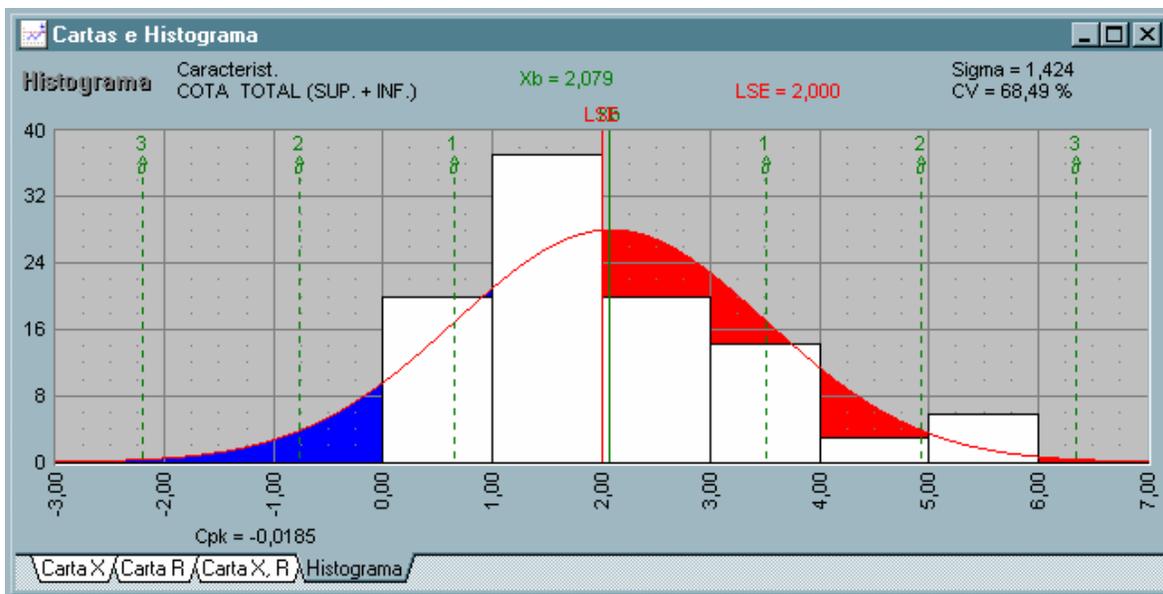


Figura 25 - Histograma da análise de capacidade (Molde 2) [Fonte: elaborado pelo autor utilizando o software Wincep]

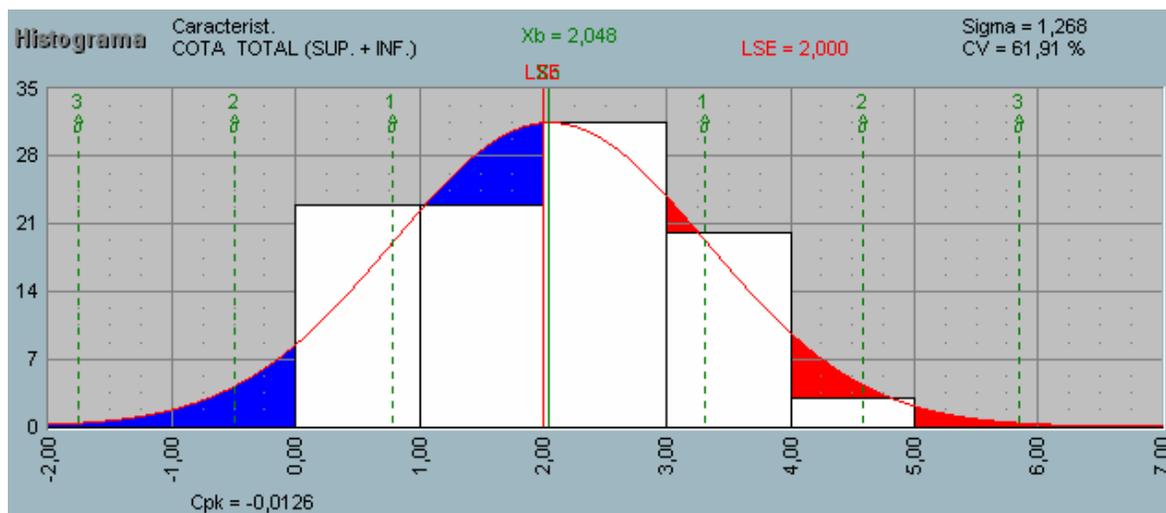


Figura 26 - Histograma da análise de capacidade (Molde 3) [Fonte: elaborado pelo autor utilizando o software Wincep]

Através das figuras 24, 25 e 26 é possível verificar que o processo de cada molde em estudo, apresenta Cpk inferior a 1,0, ou seja, o processo não é capaz de atender as especificações do cliente. A média do processo encontra-se deslocada para valores acima ou próximo do limite superior de especificação, denotando uma

descentralização do processo. Por ser uma característica de qualidade do tipo menor-é-melhor, o percentual acima da especificação deve ser minimizado, já que representa diretamente a qualidade final do produto, podendo gerar retrabalhos e sucata para o fabricante ou reclamações do cliente.

4.1.3 Plano de Ação

Através dos resultados obtidos no estudo de capacidade em cada molde de espumação para a característica empenamento da porta, foi criado um plano de ação para organizar a atuação sobre as causas comuns do processo. Para eliminação das principais causas, são necessários grandes investimentos em equipamento, como exemplo, a confecção de novos moldes de espumação de portas com sistema avançado de extração de portas e eliminação de calços. Como estas ações demandam alto custo e tempo, a equipe definiu ações de contenção até que soluções definitivas sejam implantadas.

A figura 27 apresenta parte deste plano de ação proposto pela equipe de CEP e em conjunto com os gerentes, supervisores, engenheiros e analistas de processo e qualidade.

Action Plan		Action Plan Manufatura_RE1PF1						2. Revision N.º:		3. Page: 1 / 1
								01		
5. Objective: Melhorar o processo de espumação										
7. Classification: C - Correction P - Prevention					8. Origin: S - Supplier P – Project PR – Process F – Field O- Other					
6. Nº	7. C-P	8. S-P	9.	10. Cause	11. Correction / Action	12. Start / End	13. Status / Efficacy / Critical Analysis	14. Responsible		
01	C	PR	Empenamento em portas causam penetração de ar. Cpk<1	Castanhas de fechamento das máscaras desgastadas dificultam a avaliação individual de cada molde.	Troca de castanhas das máscaras.		Concluído	Robynson V. Monteiro/ Operadores Cannon Sistem		
				Desalinhamento no fechamento das máscaras.	Ajustar fechamento de máscaras para 180mm.		30% implantado	Marcos Medeiros		

Figura 27 – Parte do Plano de Ação para contenção de causas comuns no processo Espumação de Portas[Fonte: elaborado pelo autor]

4.2 Avaliação do modelo CEP implantado

Para avaliar os resultados da implantação do CEP no processo em estudo através de uma análise quantitativa, foi utilizado o mesmo sistema de análise das reclamações de clientes e defeitos identificados nas inspeções, na qual se baseou o presente trabalho, para determinação das características de qualidade a serem monitoradas pelo CEP.

Através da comparação dos dados de SCR (*Service Call Rate*) para as reclamações de porta do refrigerador, após um ano de implantação do CEP e em mesmo período do ano em que foram levantados os dados da seção 3.4, foi possível verificar se as ações provenientes da implantação do controle estatístico de processo mudaram os índices de reclamação do consumidor e defeitos internos.

Para a avaliação dos resultados, também deve ser considerada a implantação de CEP nos demais pontos identificados como críticos e descritos na seção 3.4. Estes processos não apresentaram resultados satisfatórios na análise de estabilidade e capacidade, porém, as ações de melhorias executadas a partir desta análise, exerceram grande efeito na redução dos problemas inerentes destes processos. Estas melhorias também apresentaram redução de falhas nas etapas seguintes de produção, chegando até os índices de reclamação do consumidor final. Estes índices serão apresentados a seguir.

A figura 28 apresenta a evolução das reclamações dos defeitos referentes à não-conformidade “Desalinhado / Caído” associada ao componente porta para o modelo Refrigerador de uma porta, no ano de 2003. Os resultados apresentados na figura foram obtidos após aproximadamente um ano de implantação de controle estatístico no processo em estudo. Conforme estudo realizado na seção 3.4, esta mesma reclamação, em um determinado mês, no passado, alcançou 52% do total de reclamações, sendo 34,5% o valor médio para o ano de 2002. O defeito “Deformado / Torto”, que serviu de base para o cálculo do percentual de cada defeito na seção 3.4, apresentou grande associação ao defeito “Desalinhado / Caído” pois, após a implantação do controle estatístico no processo, seu índice ficou abaixo de 2% no ano de 2003.

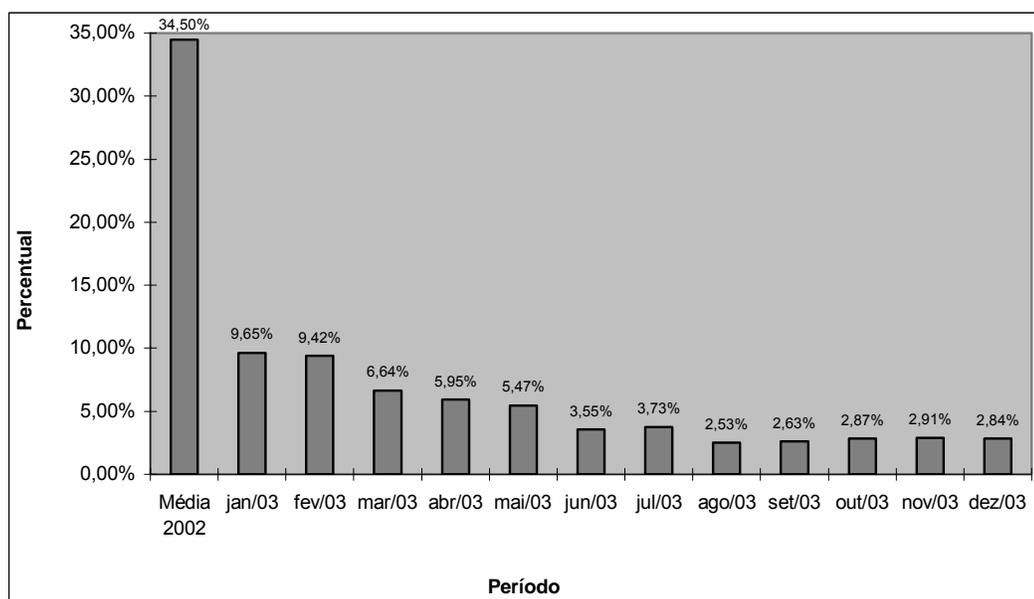


Figura 28 – Evolução das reclamações do defeito Desalinhado / Caído do componente Porta [Fonte: Rede Nacional de Serviços Autorizados Electrolux]

A média para este defeito no ano de 2004 está em 1,21%, demonstrando que este índice está sob controle e não se encontra na condição de principal reclamação do consumidor para o produto refrigerador de uma porta.

A figura 29 apresenta a evolução do defeito Porta não Veda / Penetração de Ar, identificados no segundo e terceiro pontos de inspeção e que representavam 30% do total de defeitos para o modelo refrigerador de uma porta no ano de 2002. A média para este defeito no ano de 2004 está em 2,36%, novamente demonstrando que o respectivo índice está sob controle e não se encontra na condição de principal reclamação do consumidor para o produto refrigerador de uma porta.

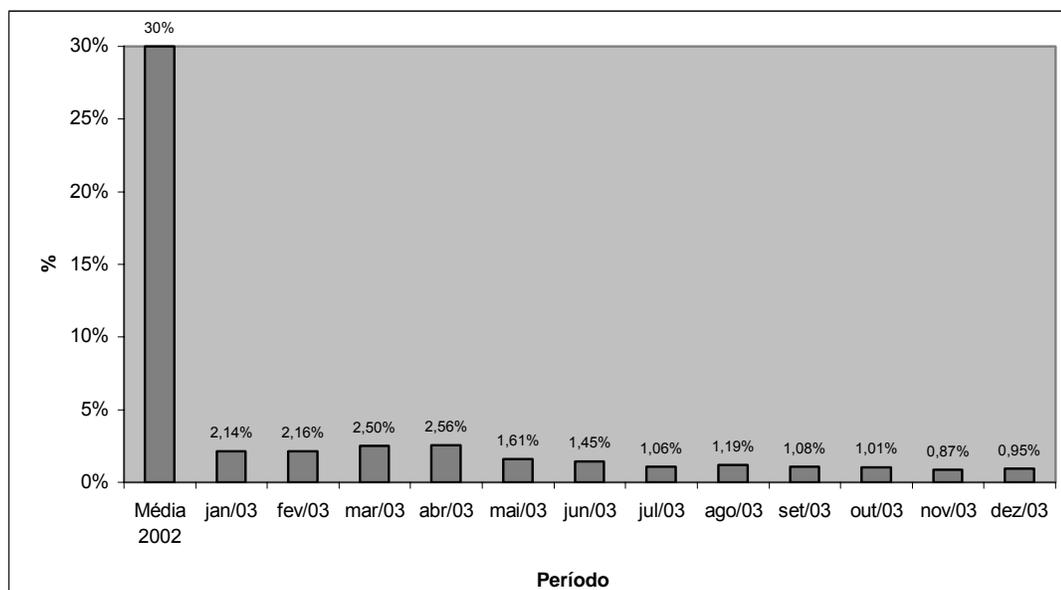


Figura 29 – Evolução do defeito Porta Não Veda / Penetração de ar [Fonte: Elaborada pelo autor]

A redução acentuada das reclamações dos clientes e dos defeitos internos para os problemas do estudo de caso, foi devido à transferência de inspeções de final de linha para os controles dos postos de trabalho. Esta mudança foi decisiva, pois a partir dela, a linha de montagem passou a receber portas com qualidade procedentes do processo de espumação. As ações executadas a partir das informações fornecidas pela equipe de CEP foram fundamentais para definir o período de manutenção dos moldes de injeção de portas e identificação de variáveis que influenciavam no processo, como:

- condição do equipamento;
- treinamento e capacitação do operador;
- turno de trabalho;
- tempo de cura (polimerização).

Estas informações também foram fundamentais para auxiliar na definição de controles e parâmetros do processo de injeção.

Os demais defeitos apresentados na seção 3.4 e que também serviram de base para o cálculo do percentual de reclamações para o defeito “desalinhado /

caído”, sofreram reduções significativas através da atuação de uma equipe criada para analisar e identificar as causas destes defeitos. Esta equipe chamada de “*Quality Meeting*” tem por objetivo, apresentar soluções para os principais defeitos identificados no indicador SCR (*Service Call Rate*), através da elaboração de um plano de ação conforme modelo apresentado na figura 27 da seção 4.1. Através das análises desta equipe, são definidas ações que devem ser implantadas de modo prioritário, tanto nos processos internos, como em processos externos da empresa, como é o caso dos fornecedores. Como exemplo, para os defeitos “Defeito Pintura / Riscada” e “Desbotado / Manchado”, a equipe identificou que as principais causas de geração destes defeitos, estavam nos carrinhos de transporte, que levam as peças da área de pintura para a área de montagem na linha de produção, e nas bancadas de montagem que não possuíam proteção adequada para evitar possíveis danos durante o manuseio das peças. A implantação das ações de melhorias, definidas pela equipe de “*Quality Meeting*”, apresentaram grande redução do indicador SCR para estes defeitos, sendo que em 2004, estes índices estão abaixo de 1% de reclamações.

A implantação de Controle Estatístico de Processo através de uma abordagem sistemática que envolveu todas as áreas ligadas à qualidade e produção permitiu promover uma melhoria significativa no método e resultado do trabalho destas áreas. Com a aplicação do modelo proposto e apresentado neste trabalho, teve início uma mudança organizacional e comportamental, tanto por parte da gerência da empresa quanto por parte dos operários. Vale dizer que os operários, através da participação na discussão dos problemas, passaram a sentir-se responsáveis pelas ações e decisões a serem tomadas na sua área de trabalho.

A seguir, serão descritos os principais resultados identificados na empresa após a implantação de controle estatístico de processo:

- A utilização de controles no processo deixou de ser uma ação isolada por definição de cada área e passou a ser definida através de uma abordagem sistemática, na qual são envolvidas todas as áreas ligadas ao processo.

- O tempo para identificação de falhas e tomada de ações para a eliminação destas, foi reduzido através da formação de grupos de trabalho com membros de várias áreas envolvidas com o processo.
- Redução dos índices de refugo e retrabalho;
- Maior envolvimento e comprometimento de todos com a qualidade do processo;
- A utilização de ferramentas de análise e melhoria de forma organizada permitiu uma mudança cultural na organização;
- A área de produção passou a ter pessoas capacitadas a fazer a análise e interpretação das informações do processo. Até então esta tarefa era exclusiva dos analistas e engenheiros da qualidade que possuíam conhecimento em ferramentas estatísticas.
- Com a implantação dos postos de controle estatístico de processo, a área de produção passou a ter um local, instrumentos, dispositivos de medição e pessoas capacitadas para executar as tarefas de medição de variáveis. Estas análises normalmente eram realizadas no laboratório da qualidade e que, devido ao grande volume de trabalho, não podia realizar imediatamente estas análises, o que resultava na demora para se obter os resultados e o processo atuar sobre os problemas. As análises passaram a ser feitas no próprio processo de forma mais confiável e rápida.
- A inspeção de final de linha deixou de executar inspeção de empenamento da porta com a utilização de gabaritos. Com isto, o inspetor passou a ter mais tempo para verificar apenas falhas de montagem, reduzindo a ocorrência para estes defeitos.
- Os processos determinados como críticos passaram a ter um sistema de controle que permite a sua avaliação através de auditorias. Estas auditorias previstas no sistema da qualidade verificam se as atividades e as variáveis de

processo a serem controladas pelo CEP, estão sendo executadas de acordo com o declarado na Instrução de Trabalho e Lista Máster.

- As identificações das causas comuns no processo e elaboração de planos de ação fornecem informações para a gerência da necessidade e priorização de investimentos a serem realizados no processo. Com isto é possível agir visualizando não apenas localmente os efeitos e sim a redução dos custos com os produtos pós-venda e satisfação do consumidor final.

Com a implantação de Controle Estatístico de Processo na organização criou-se uma cultura interna de indivíduos educados em uma metodologia padronizada de caracterização, otimização e controle de processos.

Esta cultura possibilitou menor dependência dos operadores quanto à identificação e ações no processo, permitindo que estes estejam capacitados para executar as análises necessárias sobre dados coletados na sua atividade e ações de forma sistemática.

O envolvimento e responsabilidade dos participantes com o processo possibilitaram maior eficiência nas atividades e eficácia nos resultados obtidos na solução de problemas.

5 Comentários Finais

5.1 Conclusões

O objetivo principal deste trabalho foi apresentar a aplicação de uma abordagem sistemática de implantação de Controle Estatístico de Processo (CEP) em uma das etapas de produção de refrigeradores da empresa Electrolux do Brasil, de modo a identificar através de cartas de controle, os problemas existentes no processo produtivo da empresa, tendo como propósito à melhoria da qualidade nos processos de manufatura da empresa.

Através da aplicação deste modelo, foi possível colocar em prática o que foi apresentado e aprendido na teoria, aprimorando o conhecimento e o aprendizado, através das dificuldades e desafios encontrados em cada etapa de aplicação do modelo conceitual. Assim, é possível demonstrar que para cada estudo de caso é necessário ao pesquisador desenvolver alternativas para tornar um modelo conceitual aplicável no aspecto prático, posto que toda empresa e processo apresentam suas rotinas e particularidades, exigindo adaptações específicas.

A aplicação de ferramentas de qualidade e a implantação de controle estatístico na empresa, através de uma abordagem sistemática, permitiram uma mudança organizacional e comportamental, tanto por parte da gerência, que adotou a sua aplicação como objetivo, quanto por parte dos operários, que passaram a sentir-se responsáveis pela qualidade do produto e a satisfação do cliente final. Para tanto, este trabalho procurou orientar a aplicação destas ferramentas através de um modelo que demonstrou ser de fácil aplicação e compreensão, tendo como principal requisito o objetivo e a integração entre as áreas envolvidas.

Apesar das análises dos resultados dos gráficos de controle terem demonstrado que o processo não é capaz de produzir peças dentro do especificado, pode-se

observar que, através destas informações que permitiram conhecer melhor o processo de espumação de portas, facilitando a análise dos resultados e a aplicação de ações de correção e melhoria que foram sendo colocadas em prática durante a implantação, houve redução significativa das falhas identificadas no processo através da melhoria dos índices de final de linha, e das reclamações dos consumidores, através dos índices de *Service Call Rate*.

Através da análise de Diagrama de Pareto e da aplicação do Desdobramento da Função Qualidade (QFD), foi possível identificar e relacionar a qualidade demandada pelos clientes com os processos responsáveis pelo atendimento desta demanda. Estas informações permitiram priorizar estes processos e as ações necessárias para o atendimento da qualidade demandada. A sua aplicação também permitiu a eliminação de ações isoladas, introduzindo uma metodologia sistemática na empresa para o levantamento e análise destas informações, além de criar a filosofia de formação de equipes de trabalho, o que possibilita a interação entre as diversas áreas da empresa envolvidas com o processo de produção – gerencias, manufatura, engenharias, suprimentos e atendimento pós-venda - fundamentais para o sucesso da aplicação do modelo proposto.

A abordagem de implantação proposta por este trabalho, está sendo aplicado em outras etapas do processo, contribuindo significativamente para a redução e ou eliminação de falhas no processo de produção, permitindo o atendimento das metas de qualidade definidas pela diretoria da empresa para o ano de 2004. Isto demonstra que a melhoria contínua é uma necessidade que deve nascer desde o projeto do produto ou de novos processos, o que possibilitará ganho de tempo e recursos, tendo em vista que a empresa passa a trabalhar de modo preventivo e não mais de modo corretivo.

Este trabalho também apresentou uma revisão bibliográfica sobre o Controle Estatístico de Processo, através de uma fundamentação teórica que abordou três assuntos principais – (i) Qualidade, (ii) Controle Estatístico da Qualidade e (iii)

Implantação de Controle Estatístico da Qualidade – onde se buscou dar maior ênfase às aplicações necessárias para o entendimento do estudo de caso apresentado.

Através dos resultados obtidos no estudo de caso, acredita-se que a aplicação do modelo proposto apresentado neste trabalho, com as devidas adaptações, pode auxiliar outras empresas a atingirem níveis de qualidade elevados, resultando em ganhos e no atendimento das expectativas do cliente final. Isto contribuirá para o crescimento da imagem da empresa, que é seu maior patrimônio.

5.2 Sugestões para Trabalhos Futuros

Este trabalho apresentou o início de implantação de ferramentas estatísticas para a melhoria da qualidade na empresa. Através deste trabalho, foi possível demonstrar a grande necessidade que a empresa tem para a aplicação destas ferramentas, pois através delas será possível tomar decisões corretas por meio de informações precisas levantadas através de pesquisas.

Seguindo essa linha, seria muito importante desenvolver trabalhos como:

- Aplicação de Projetos de Experimentos para otimização e definição parâmetros de processo;
- Ampliação do uso de QFD e FMEA tornando-os programas regulares aplicados rotineiramente na empresa e em uma gama maior de processos e atividades;
- Aplicação de ferramentas básicas do CEP para o estudo de variabilidade e capacidade de produção de componentes, produzidos interna ou externamente, o que facilitará a análise para aprovação de novos componentes, novos fornecedores ou novos processos;

- Utilização de métodos estatísticos para a análise e definição de tolerâncias denominadas como críticas para o produto ou processo;
- Estimativa e monitoramento da função perda para as características de qualidade analisadas no estudo de caso.
- Aplicação de cartas de controle especiais, tais como cartas de controle integrados.

A questão de que as empresas enfrentam o desafio de melhorar a sua qualidade e produtividade num país que não valoriza a pesquisa, coloca para o pesquisador a necessidade de uma formação qualificada e atualizada, formação esta que servirá de auxílio para o entendimento e possíveis soluções de problemas, na medida em que impedirá o pesquisador de estacionar-se em pensamentos e conceitos antigos e restritos, conseqüentemente na acomodação de toda sua luta e prática.

“Ensinar exige risco, aceitação do novo e rejeição a qualquer forma de discriminação” (FREIRE, 1996).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ALVES, Neumann & Ribeiro. **Anais do XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Ouro Preto: 2003.
- 2 BARÇANTE, L. C. **Qualidade Total: uma visão brasileira**. Rio de Janeiro: Campus, 1998.
- 3 CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia dia**. Rio de Janeiro: Bloch, 1999.
- 4 CAMPOS, V. F. **Controle de qualidade total**. Rio de Janeiro: Block, 1992.
- 5 CATEN, C. T., RIBEIRO, J. L. e FOGLIATTO, F. S., **Implantação do Controle Integrado de Processos. Etapas da implantação e estudo de caso**. Porto Alegre: 2000.
- 6 DAVIS, M. M ; AQUILINO N. J. ; CHASE R. B. **Fundamentos da Administração da Produção**. 3ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- 7 DEMING, W. E. **As chaves da excelência**. São Paulo: Makron, McGraw-Hill, 1992.
- 8 DUCAN, A. J. **Quality Control and Industrial Statistics**. 5a ed. Chicago: Irwin, 1986.
- 9 FALCÃO, A. S. G. **Diagnóstico de perdas e aplicação de ferramentas para o controle da qualidade e melhoria do processo de produção de uma etapa construtiva de edificações habitacionais** - Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Porto Alegre: UFRGS, 2001.

- 10 FARIAS, J. C. **A ISO 9000:2000 e o CEP**. Revista Controle da Qualidade. São Paulo: Banas, Agosto/2001.
- 11 FEIGENBAUM, A. V. **Total quality control: engineering and management**. New York: MacGraw Hill, 1986.
- 12 FILHO, D. M e Fogliatto, F.S. **Anais do XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Salvador: 2001.
- 13 FRANCISCHINI, A. S. N. **Anais do XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Salvador: 2001.
- 14 FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- 15 GALUCH, L. **Modelo para implementação das ferramentas básicas do controle estatístico do processo - CEP em pequenas empresas manufatureiras** - Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis: UFSC, 2002.
- 16 GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.
- 17 GRANT, E. L. & LEAVENWORTH. **Statistical Quality Control**. Mc Graw-Hill. New York: 1972.
- 18 HRADESKY, J. L. **Aperfeiçoamento da Qualidade e da Produtividade**. Guia prático para implementação do controle estatístico de processo - CEP. São Paulo: McGraw-Hill, 1989.
- 19 ISHIKAWA, K. **Introduction to Quality Control**. Tokyo: Asian Production Organization, 1989.

- 20 ISHIKAWA, K. **Controle de Qualidade Total (à maneira japonesa)**. 6ª Edição. Rio de Janeiro, Campus, 1993.
- 21 ISHIKAWA, K. **What is total quality control? The Japanese way**. Trad. De David Lu. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1985.
- 22 JURAN, J. M.; GRZYNA, Frank M. **Controle da Qualidade**. Vol I, II, III, IV, VI e VII, São Paulo: Pioneira, 1993.
- 23 JURAN, J. M. **Juran na liderança pela qualidade**. 3a. Ed. São Paulo: Pioneira, 1995.
- 24 JURAN, J. M. **A qualidade desde o projeto: novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços**. São Paulo: Pioneira, 1992.
- 25 KELLER, A. P. **The relationship between process capability studies and process control limits**. QUALITYAMERICA.COM, set. 2001. Disponível em: <http://www.qualityamerica.com/knowledgecente/articles/PAKProCap1.htm> < >.
- 26 KUME, H. **Métodos estatísticos ara melhoria da qualidade**. São Paulo: Gente, 1993.
- 27 MANN, N. R. **Deming: As chaves da excelência**. São Paulo: Makron, McGraw-Hill, 1992.
- 28 MIRANDA, R. L. **Qualidade Total**. São Paulo: Makron Books, 1994.
- 29 MIRSHAWKA, V. **A implantação da qualidade e da produtividade pelo método do Dr. Deming**. São Paulo: McGraw-Hill, 1990.

30 MIYAKE, D. I. **Programas de Melhoria da Produtividade e Qualidade**: um estudo comparativo dos modelos "Just in Time" (JIT), "Total Quality Control" (TQC) e "Total Productive Maintenance" (TPM). São Paulo: 1993. Dissertação de Mestrado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

31 MONTGOMERY, D. C. **Introduction to statistical quality control**. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons, 1997.

32 OWEN, M. **Statistical Process Control and Continuous Improvement**. IFS Publication. USA: 1989.

33 PALADINI, E. P. **Qualidade total na prática**: implantação e avaliação de sistemas da qualidade total. São Paulo: Atlas, 1997.

34 PARANTHAMAN, D. **Controle da qualidade**. Technical Teacher's Training Institute, Madras. São Paulo: McGraw-Hill Ltda, 1990.

35 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: UFRGS, 2001.

36 PIRES, V. T. **Implantação do Controle Estatístico de Processo em uma empresa de manufatura de óleo de arroz** - Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Porto Alegre: UFRGS, 2000.

37 RANGEL, A. **Momento da Qualidade**. São Paulo: Atlas, 1995.

38 RIBEIRO, J. L. D; CATEN. C. T. **Controle Estatístico de Processos**. Porto Alegre: 2000. Apostila de Curso. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

39 RIBEIRO, J. L. D; CATEN. C. T, DANILEVICZ. A. M. F. **A utilização do QFD na otimização de produtos, processos e serviços.** Porto Alegre: 2000. Apostila de Curso. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

40 ROESCH, S. M. A. **A dissertação de mestrado em administração:** Proposta de uma tipologia. Série documentos para estudo 14/94. Programa de Pós-graduação em Administração, Porto Alegre: UFRGS, 1994.

41 ROZENFELD, H. **A fábrica do futuro.** São Paulo: Banas, 1999.

42 SCHISSATTI, M. L. **Uma metodologia de implantação de cartas de Shewarth para o controle de processos.** Florianópolis. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. UFSC, 1998.

43 SHEWHART, W. A. **Application of Statistical Method in Mass Production.** Proceedings of the Industrial Statistics Conference Held at Massachusetts Institute of Technology. Sept 8-9, New York: Pitmar Publishing, 1938.

44 SILVA, L. S. C. V. **Aplicação do Controle Estatístico de Processo na Indústria de Laticínios Lactoplasa:** Um estudo de caso - Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.

45 SOARES, G. M. V. P. P. **Aplicação do Controle Estatístico de Processo em Indústria de Bebidas:** um estudo de caso - Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

46 SOARES, V. L. M. P. **Aplicação e Implantação do Controle Estatístico de Processo em Pintura Industrial.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-

Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

47 SOMMER, W. A. **Apostila Avaliação da Qualidade**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis: UFSC, 2000.

48 TOLEDO, J. C. **Qualidade Industrial**: conceitos, sistemas e estratégias. São Paulo: Atlas, 1987.

49 WERKEMA, M. C. **Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos**. Volume 2. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1995.

50 WILSON, M. P. **Seis Sigma**: compreendendo o conceito, as aplicações e os desafios. Rio de Janeiro: Quaitymark, 1999.

ANEXOS

ANEXO A - TABELA I

Tabela de Fatores e Fórmulas para Cartas de Controle

Fatores e Fórmulas

Observações na Amostra	Carta \bar{X} e R*				Carta \bar{X} e S*			
	Carta das Médias (\bar{X})	Carta das Amplitudes (R)		Carta das Médias (\bar{X})	Carta dos Desvios-Padrão (S)			
		Fatores para Limites de Controle	Divisores para Estimativa do Desvio- Padrão		Fatores para Limites de Controle	Fatores para Limites de Controle		
n	A ₂	d ₂	D ₃	D ₄	A ₃	c ₄	B ₃	B ₄
2	1.880	1.128	-	3.267	2.659	0.7979	-	3.267
3	1.023	1.693	-	2.524	1.954	0.8862	-	2.568
4	0.729	2.059	-	2.282	1.628	0.9213	-	2.266
5	0.577	2.326	-	2.114	1.427	0.9400	-	2.089
6	0.483	2.534	-	2.004	1.287	0.9515	0.030	1.970
7	0.419	2.704	0.076	1.924	1.182	0.9594	0.118	1.882
8	0.373	2.847	0.136	1.864	1.099	0.9650	0.185	1.815
9	0.337	2.970	0.184	1.816	1.032	0.9693	0.239	1.761
10	0.308	3.078	0.223	1.777	0.975	0.9727	0.284	1.716
11	0.285	3.173	0.256	1.744	0.927	0.9754	0.321	1.679
12	0.266	3.258	0.283	1.717	0.886	0.9776	0.354	1.646
13	0.249	3.336	0.307	1.693	0.850	0.9794	0.382	1.618
14	0.235	3.407	0.328	1.672	0.817	0.9810	0.406	1.594
15	0.223	3.472	0.347	1.653	0.789	0.9823	0.428	1.572
16	0.212	3.532	0.363	1.637	0.763	0.9835	0.448	1.552
17	0.203	3.588	0.378	1.622	0.739	0.9845	0.466	1.534
18	0.194	3.640	0.391	1.608	0.718	0.9854	0.482	1.518
19	0.187	3.689	0.403	1.597	0.698	0.9862	0.497	1.503
20	0.180	3.735	0.415	1.585	0.680	0.9869	0.510	1.490
21	0.173	3.778	0.425	1.575	0.663	0.9876	0.523	1.477
22	0.167	3.819	0.434	1.566	0.647	0.9882	0.534	1.466
23	0.162	3.858	0.443	1.557	0.633	0.9887	0.545	1.455
24	0.157	3.895	0.451	1.548	0.619	0.9892	0.555	1.445
25	0.135	3.931	0.459	1.541	0.606	0.9896	0.565	1.435

$$LSC_{\bar{X}}, LIC_{\bar{X}} = \bar{X} \pm A_2 \bar{R}$$

$$LSC_{\bar{X}}, LIC_{\bar{X}} = \bar{X} \pm A_3 \bar{S}$$

$$LSC_R = D_4 \bar{R}$$

$$LSC_S = \bar{B}_4 \bar{S}$$

$$LIC_R = D_3 \bar{R}$$

$$LIC_S = B_3 \bar{S}$$

$$\hat{\sigma} = \bar{R}/d_2$$

$$\hat{\sigma} = \bar{S}/c_4$$

ANEXO B - TABELA II

Tabela de Fatores e Fórmulas para Cartas de Controle (cont.)

Fatores e Fórmulas

Observações na Amostra	Cartas de Medianas* **				Carta de Individuais*			
	Carta das Medianas (\bar{X})	Carta de Amplitudes (R)		Carta de Individuais (X)	Carta de Amplitudes (R)			
	Fatores para Limites de Controle	Divisores para Estimativa do Desvio- Padrão	Fatores para Limites de Controle	Fatores para Limites de Controle	Divisores para Estimativa do Desvio- Padrão	Fatores para Limites de Controle	Fatores para Limites de Controle	
n	\bar{A}_2	d_2	D_3	D_4	E_2	d_2	D_3	D_4
2	1.880	1.128	-	3.267	2.659	1.128	-	3.267
3	1.187	1.693	-	2.574	1.772	1.693	-	2.574
4	0.796	2.059	-	2.282	1.457	2.059	-	2.282
5	0.691	2.326	-	2.114	1.290	2.326	-	2.114
6	0.548	2.534	-	2.004	11.184	2.534	-	2.004
7	0.508	2.704	0.076	1.924	1.109	2.704	0.076	1.924
8	0.433	2.847	0.136	1.864	1.054	2.847	0.136	1.864
9	0.412	2.970	0.184	1.816	1.010	2.970	0.184	1.816
10	0.362	3.078	0.223	1.777	0.975	3.078	0.223	1.777

$$LSC_{\bar{X}}, LIC_{\bar{X}} = \bar{X} \pm \bar{A}_2 \bar{R}$$

$$LSC_x, LIC_x = \bar{X} \pm E_2 \bar{R}$$

$$LSC_R = D_4 \bar{R}$$

$$LSC_R = D_4 \bar{R}$$

$$LIC_R = D_3 \bar{R}$$

$$LIC_R = D_3 \bar{R}$$

$$\hat{\sigma} = \bar{R}/d_2$$

$$\hat{\sigma} = \bar{R}/d_2$$

*DA publicação ASTM STP-15D, Manual on the Presentation of Data and Control Chart Analysis, 1976; pág.134-136.

** A2 são fatores derivados da ASTM STP-15D Data and Efficiency Tables contidas no Introduction to Statistical Analysis de W.J.Dixon e F.J.Massey Jr.3ª edição; pág. 488 - McGraw-Hill Book Company, NY