

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Informática

**APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO
EM UMA INDÚSTRIA METAL-MECÂNICA**

Patrícia Lacchi da Silva

TG-EP- 43 - 05

Maringá - Paraná

Brasil

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Informática

**APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO
EM UMA INDÚSTRIA METAL-MECÂNICA**

Patrícia Lacchi da Silva

Trabalho de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia de Produção, do Centro de Tecnologia, da Universidade Estadual de Maringá.

Orientador: *Prof. Daily Morales*

Maringá - Paraná

2005

PATRÍCIA LACCHI DA SILVA

**APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO EM
UMA INDÚSTRIA METAL-MECÂNICA**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do Título de *Bacharel em Engenharia de Produção*, pela Universidade Estadual de Maringá, Campus de Maringá, aprovada pela Comissão formada pelos professores:.

Prof. Daily Morales

Colegiado de Engenharia de Produção,
UEM

Prof. Lázaro Ricardo Gomes Yallin

Colegiado de Engenharia de Produção,
UEM

Prof. Leandro Magno

Colegiado de Engenharia de Produção,
UEM

Maringá, 20 de dezembro de 2005

“Deus dá a todos uma estrela. Uns fazem da estrela um sol, outros nem conseguem vê-la” (Anônimo).

AGRADECIMENTOS

Agradeço este trabalho de conclusão de curso a Deus que com seu grande entendimento me deu paciência, sabedoria para escrever este trabalho de conclusão de curso.

A minha família: minha mãe e ao meu pai, que sacrificaram nos dias de sol e chuva para oferecer uma graduação, e principalmente derramaram muitas lágrimas para dar um futuro melhor. Muito obrigado.

Aos meus irmãos Eduardo e Ana Carolina, pela comida quente, cama sempre arrumada após a aula e suas palavras mais do que amigas.

A minha nova família Tio Orlando e Tia Ana, obrigado pelo teto, pelo pão de cada dia, e pela paciência que tiveram comigo neste quatro últimos meses de minha graduação.

Ao Prof. Daily, agradeço por sua paciência com erros gramaticais e suas orientações em meu trabalho.

A todos amigos e colegas de classe.

Em especial ofereço todos aqueles que ajudaram para que eu conseguisse concluir este curso, mas ofereço principalmente aqueles que um dia tentaram atrapalhar. Muito obrigado, através de vocês descobri o quanto é difícil à conquista, mas quanto gloriosa é a mesma.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Compressor alternativo.....	21
Figura 2: Etapas do ciclo de funcionamento.	22
Figura 3: Compressor de paleta – rotor.	23
Figura 4: Vista lateral indicando a movimentação do gás em um compressor de parafusos.....	24
Figura 5: Aberturas de sucção e de descarga.....	24
Figura 6: Ciclo PDCA.....	36
Figura 7: Modelo de folha de verificação.	39
Figura 8: Modelo de histograma.....	40
Figura 9: Forma geral do diagrama de causa e efeito.	40
Figura 10: Gráfico de Paretos.	41
Figura 11: Máquina de solda circunferencial	47
Figura 12: Solda com porosidade	48
Figura 13 : Sala onde encontrava o compressor	48
Figura 14: Compressor com problemas de solda	49
Figura 15: Digrama de Pareto para soldas com poros em reservatórios de alta pressão	52
Figura 16: Digrama de Pareto para poros em reservatórios de baixa pressão.....	52
Figura 17: Diagrama de Causa e Efeito para Poros em Soldas	53
Figura 18: Gráfico de Índice de Retrabalho.....	55

LISTA QUADROS

Quadro 1 – Classificação dos Compressores quanto ao Princípio de Concepção.	20
Quadro 2 – Modelo para Aplicação do CEP.	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Quantidade de retrabalhos	50
Tabela 2: Quantidade de retrabalhos nos reservatórios de baixa pressão.....	51
Tabela 3: Quantidade de retrabalhos nos reservatórios de alta pressão.	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEP	Controle Estatístico do Processo
JUSE	<i>Union of Japanese Scientists and Engineers</i>
AP	Alta Pressão
BP	Baixa Pressão

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VI
LISTA QUADROS	VII
LISTA DE TABELAS	VIII
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	IX
SUMÁRIO	X
RESUMO.....	XIII
1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1 MOTIVAÇÃO.....	14
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 <i>Objetivo geral</i>	15
1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i>	15
1.3 JUSTIFICATIVA	15
1.4 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	16
2. AR COMPRIMIDO.....	17
2.1 HISTÓRICO SOBRE COMPRESSÃO DE AR.....	17
2.2 UTILIZAÇÃO DO AR COMPRIMIDO.....	18
2.3 COMPRESSORES – CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO PRINCÍPIO DE CONCEPÇÃO.....	20
2.3.1 <i>Compressores volumétricos</i>	20
2.3.2 <i>Compressores dinâmicos</i>	21
2.4 PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO	21
2.4.1 <i>Compressores alternativos</i>	21
2.4.2 <i>Compressores de palhetas</i>	23
2.4.3 <i>Compressores de parafusos</i>	24
3. REFERENCIAL TEÓRICO	26
3.1 CONCEITO DE QUALIDADE	26
3.2 QUALIDADE: HISTÓRIA E EVOLUÇÃO.....	27
3.3 SHEWHART E A MODERNA ENGENHARIA DA QUALIDADE.....	28

3.4 A BUSCA DA QUALIDADE NO JAPÃO.....	29
3.5 GURUS DA QUALIDADE	30
3.5.1 <i>W. E. Deming</i>	31
3.5.2 <i>J. M. Juran</i>	32
3.5.3 <i>P.B Crosby</i>	32
3.5.4 – <i>G. Taguchi</i>	33
3.6 CONTROLE DA QUALIDADE TOTAL.....	33
3.7 DEFINIÇÃO DE PROCESSO	34
3.8 CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO	35
3.8.1 <i>Ciclo PDCA</i>	36
3.9 FERRAMENTAS DA QUALIDADE	37
3.9.1 <i>Coleta de dados</i>	38
3.9.1.1 <i>Folha de verificação</i>	38
3.9.2 <i>Histogramas</i>	39
3.9.4 <i>Diagrama de causa e efeito</i>	40
3.9.5 <i>Gráfico de Pareto</i>	41
3.9.6 <i>Diagrama de Dispersão</i>	42
3.9.7 <i>Gráficos de controles</i>	42
4. METODOLOGIA	43
4.1 MODELO PROPOSTO	43
5. APLICAÇÃO DO MODELO.....	45
5.1 <i>A empresa</i>	45
5.2 <i>Processo de Fabricação do Reservatório de ar</i>	46
5.2.1 <i>Tube</i>	46
5.2.2 <i>Calota</i>	46
5.2.3 <i>Pé e base do motor</i>	46
5.2.4 <i>Soldagem</i>	47
5.2.5 <i>Teste hidrostático</i>	47
5.3 <i>COLETA DE DADOS</i>	49
5.4 <i>ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS</i>	51
5.5 <i>ANÁLISE DAS CAUSAS DO DEFEITO</i>	53
5.6 <i>SUGESTÕES DE MELHORIAS</i>	54

5.7 RESULTADOS	54
6. CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
BIBLIOGRAFIAS	60
ANEXOS	61

RESUMO

Nas últimas décadas um grande número de empresas conscientizou-se da necessidade da busca pela melhoria contínua. Isto se deve ao fato de que os consumidores exigem cada vez mais produtos com alta qualidade. Para satisfazer a necessidade do cliente, empresas buscam a redução de desperdício na produção, a redução de produtos defeituosos fabricados, ou seja, fatores que levam a uma maior produtividade e competitividade das empresas. A partir deste cenário este trabalho de conclusão de curso tem por objetivo a implantação das ferramentas básicas do Controle Estatístico do Processo – CEP, em uma empresa metal-mecânica, buscando a redução de produtos refugados através da melhoria contínua e assim oferecendo uma redução nos custos da produção. Esta empresa foi escolhida por buscar a melhoria contínua em seus produtos e nos processos de produção.

Palavras-chave: Controle Estatístico do Processo, Qualidade, Retrabalho e Compressores de ar.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Motivação

Se ontem a exigência para a sobrevivência das organizações era a manutenção da conformidade de produção, hoje o requisito é de melhoria, de forma a manter ou ganhar o mercado frente aos seus concorrentes, em função das suas estratégias e dos recursos disponíveis.

Dentro de um sistema de produção a qualidade pode ter vários significados e revelar diferentes aspectos. Segundo Paladini (2004. p. 31) : *“Qualidade é a condição necessária de aptidão para o fim a que se destina”*. Ou ainda *“Qualidade é o grau de ajuste de um produto à demanda que pretende satisfazer”*. Já Slack et al (2002. p. 70) define que qualidade significa *“fazer certo as coisas certas”*. Todos estes significados são importantes para a administração de um sistema empresarial.

O tema de qualidade que sublinha as atividades de produção é o controle contínuo. As suas manifestações tomam as formas mais variadas e provocam as mais diversas reações. O controle contínuo da qualidade se relaciona com todos os componentes de um sistema de produção. Os projetistas de produtos estabelecem as especificações. Pede-se aos trabalhadores que procurem evitar erros. A amostragem de aceitação mede a qualidade dos insumos do processo de produção. Os gráficos de controle verificam o desempenho do processo. As inspeções finais testam a qualidade do produto. E, por último, o cliente dá o veredito final.

Uma das ferramentas que auxiliam no controle de qualidade contínuo é o controle estatístico. Uma das vantagens do controle estatístico é permitir às pessoas que realizam o trabalho de produção saber se estão produzindo produtos dentro das especificações e tomar medidas preventivas, à medida que os processos mostram sinais de perda de controle.

O presente trabalho foi realizado em uma empresa cuja atividade é a fabricação de compressores. Considerando que a mesma busca soluções para problemas relacionado ao alto índice de retrabalho originados em soldas no reservatório de ar. Para tanto, este trabalho tem

intuito de orientar de aplicar as ferramentas básicas do CEP – Controle Estatístico do Processo nesta empresa.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

A aplicação das ferramentas básicas do Controle Estatístico do Processo - CEP em uma empresa metal-mecânica, buscando a redução de produtos retrabalhados através da melhoria contínua.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Analisar as ferramentas básicas do CEP de acordo com a literatura disponível;
- Definir como CEP pode ajudar no planejamento e controle da qualidade;
- Fazer uma análise quantitativa do retrabalho;
- Utilizar as ferramentas adequadas ao longo da aplicação do CEP;
- Sugerir mudanças que venham melhorar o processo produtivo, para eliminar o retrabalho e conseqüentemente aumentar a lucratividade da empresa, sempre preocupando com a melhoria contínua da qualidade.

1.3 Justificativa

O processo comercial começa com o cliente. Na verdade, se ele não começa, muitas vezes termina abruptamente como cliente. Deming afirmava que o cliente é a parte mais importante na linha de produção.

Nas últimas décadas, pode-se observar que os consumidores apresentam um perfil bem mais seletivo e exigente, gerando assim uma maior competitividade entre as empresas de diferentes setores, levando-as a procurarem suas vantagens competitivas principalmente em qualidade.

Um grande número de empresas já se conscientizou de que a venda de produtos de baixa qualidade, que apresentam defeitos ou confiabilidade reduzida, diminui a sua competitividade.

Estas empresas também sabem que a implantação de um programa de melhoria da qualidade pode eliminar desperdícios, reduzir os índices de produtos defeituosos fabricados, diminuir a necessidade da realização de inspeção e aumentar a satisfação do cliente, fatores que implicam em um aumento da produtividade e competitividade das empresas (WERKEMA, 1995, p. 2).

Bom desempenho de qualidade em uma operação não apenas leva à satisfação do consumidor, mas reduz custos decorrentes de uma má qualidade. Empresas têm buscado a redução de custo da fabricação tentando reduzir retrabalhos e refugos.

Uma grande vantagem que a qualidade oferece é a redução de custos dentro da operação, pois quanto menos erro em cada microoperação ou unidade de produção, menos tempo será necessário para a correção e, conseqüentemente, menos confusão e irritação (SLACK et al., 2002, p. 71).

Neste contexto, onde a qualidade é uma necessidade para qualquer empresa que tentam sobreviver em um mercado extremamente competitivo, é que se propõe se a analisar e tentar reduzir a quantidade de retrabalhos ocorrido no processo produtivo de um compressor de ar. Possibilitando a redução de custos e um ganho de produtividade, e assim um aumento dos ganhos financeiros.

1.4 Delimitações do Trabalho.

A pedido da empresa muitos dados tiveram que ser utilizados em forma de porcentagem, e os nomes de soldas utilizados do processo de soldagem tiveram que ser substituídos por outros.

2. AR COMPRIMIDO

Ar comprimido é um insumo ou forma de energia de ampla utilização. Certamente é difícil listar todas aplicações. Possui inúmeras vantagens: é fácil de ser conduzido, os equipamentos são compactos e leves, não há risco de incêndio ou choque elétrico, não gera resíduos prejudiciais. A contrapartida para vantagens tão claras é o alto custo e o fato maior parte da energia gasta para a compressão do ar é perdida na forma de calor, e o trabalho útil que ele pode fornecer é muito pequeno em relação a essa energia gasta.

2.1 Histórico sobre compressão de ar

Muitas aplicações técnicas vêm sendo descobertas desde o tempo do homem primitivo. A primeira aplicação de ar comprimido, por exemplo, foi soprar um braseiro para acender uma chama viva. O ar usado para o sopro era comprimido nos pulmões que podem ser como um compressor fornecido pela natureza.

Há indícios que egípcios e sumérios usavam tubos para conduzir o vento até seus fornos. O fole manual foi o primeiro compressor mecânico. Depois de 1500 AC recebeu melhoramentos como acionamento pelos pés ou por roda d'água. E assim cumpriu seu ofício por mais 2000 anos.

No livro Manual do ar Comprimido (1976) ressalta, que o primeiro cilindro compressor, acionado por roda d'água, foi desenvolvido pelo engenheiro inglês John Smeaton em 1762. Em 1776, o inventor inglês John Wilkinson o aperfeiçoou, fazendo um modelo primitivo dos compressores atuais

O uso do ar comprimido como meio de transmissão de energia começou a ser considerado por volta de 1800 se descobriu que o vapor, devido ao seu rápido resfriamento e condensação, tinha seu uso limitado a distâncias muito curtas. As fábricas metalúrgicas tinham crescido em tamanho e houve uma necessidade urgente de complementar as centrais de vapor com força hidráulica.

A primeira transmissão em larga escala de energia em forma de ar comprimido bem sucedida aconteceu em conexão com o avanço do Túnel Mt. Cenís, nos Alpes Suíço em 1857.

Em 1888, o serviço pneumático em Paris recebeu grande publicidade e engenheiros de todos os países afluíram para os estudos e relatórios. A grande maioria de suas críticas terminavam com a conclusão de que realmente este sistema de distribuição de energia do futuro. Eles tomaram uma completa atitude negativa para com o sistema de distribuição de energia elétrica o qual ainda estava na sua infância, e descobriram inúmeras razões técnicas dando o porque do possível insucesso deste último sistema.

Entretanto, haviam outros engenheiros entusiasmados com o novo sistema de energia elétrica e inteiramente convencidos de que o sistema pneumático dentro de pouco tempo seria superado em virtude da baixa eficiência das unidades compressoras. Nenhuma das duas correntes estava com a razão. As unidades de ar comprimido continuaram sendo pesquisadas e difundidas, enquanto que o sistema de transmissão elétrica tornou-se o único meio de distribuir energia.

Hoje, o ar comprimido serve como um importante complemento para a eletricidade. Com ferramentas e aparelhos pneumáticos o desempenho da mão-de-obra foi imensamente melhorado sem perder sua incomparável flexibilidade e sensibilidade – qualidades necessárias para serviços de precisão. Ferramentas pneumáticas são leves, duráveis e seguras, e não são fatigantes para o operador.

2.2 Utilização do Ar Comprimido

A fabricação de ar comprimido e de dispositivo e máquinas que utilizam ar e gases comprimidos é uma indústria grande e essencial, que contribui para a economia de todas as nações.

O ar comprimido ajuda a tratar alguns dos problemas da nossa complexa sociedade. Na produção de comida, por exemplo, pomares são pulverizados com o auxílio de ar comprimido. A produção de peixes em viveiros, que é uma indústria em rápida expansão, com trutas e outros peixes fornecidos em grande quantidade, depende de compressores para a

aeração dos tanques e para manter a água fresca. No fornecimento de água, reservatórios profundos e lagos são aerados para melhorar a qualidade da água.

Na exploração geológica submarina de minérios e óleos, a liberação de repentina de ar comprimido produz ondas acústica com as quais o fundo do mar é investigado sem danos à fauna marinha, coisa que não acontecia quando eram usadas cargas explosivas.

O ar comprimido encontra aplicações praticamente em todos os campos do comércio e da indústria. Fornece energia para uma imensa variedade de operações fabris, tais como: apertar parafuso e porcas, bater estacas, compactar areia, elevar, grampear, transportar, etc. O dióxido de carbono, comprimido e adicionado aos condensadores de estágio de evaporadores multiestágio, ajuda a evitar a formação de incrustações e melhora a economia de operação.

Existem diferentes tipos de compressores, e suas aplicações são inúmeras. Agrupando-os de acordo com as diferenças de desenho e com os objetivos do projeto.

Do ponto de vista das aplicações, ar e gás comprimidos podem ser divididos em energia, processo e controle. O seu uso como energia inclui aquelas aplicações em que o ar é usado para produzir movimentos ou exercer uma força, ou ambas. São exemplos disso atuadores lineares, ferramentas pneumáticas, dispositivos de fixação e transportadores pneumáticos. O serviço de processo é definido como qualquer aplicação em ar ou gases participam do próprio processo. Como exemplo temos combustão, liquefação e separação de mistura de gás em seus componentes, hidrogenação de óleos, refrigeração, aeração para suportar processos biológicos e desidratação de comida. Aplicações de controle são aquelas em que ar ou gás comuta, inicia, pára, modula ou ainda opera máquinas e processos de outras maneiras.

As aplicações de controle ocorrem em muitos usos do ar ou gás comprimido como energia e em processos. Algumas fábricas com processo de fluxo contínuo são completamente automatizadas, bem como a fabricação em linhas de montagem.

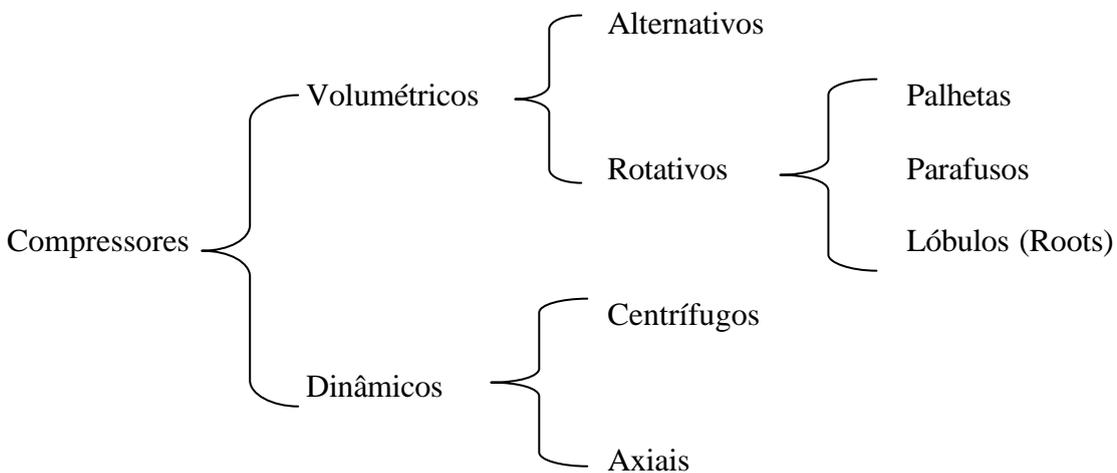
Em algumas indústrias, o ar comprimido pode estar limitado somente ao fornecimento de energia, como em pedreiras e na construção de rodovias. Outros podem usar o ar comprimido apenas para processos. Porém, em muitos casos, ele é usado tanto como energia e em processos como no controle pneumático em uma única fábrica.

2.3 Compressores – Classificação Quanto ao Princípio de Concepção

Dois são os princípios conceptivos no qual se fundamentam todas as espécies de compressores de uso industrial: volumétrico e dinâmico

Os compressores de maior uso na indústria são os alternativos, palhetas, parafusos, lóbulos, centrífugos e axiais. No quadro abaixo apresentamos as espécies como podem ser classificadas, de acordo com o princípio conceptivo.

Quadro 1 – Classificação dos Compressores quanto ao Princípio de Concepção.



Limitar-nos-emos, nesse texto, a focalizar os compressores acima citados no Quadro 1, mesmo reconhecendo que outros podem ser eventualmente encontrados em aplicações industriais, como por exemplo os compressores de anel líquido e de diafragma. Especial atenção será dispensada aos compressores alternativos, centrífugos e axiais, que são, sem dúvida, os mais empregados em processamento industrial.

2.3.1 Compressores volumétricos

Nos compressores volumétricos ou de deslocamento positivo, a elevação de pressão é conseguida através da redução do volume ocupado pelo gás. Na operação dessas máquinas podem ser identificadas diversas fases, que constituem o ciclo de funcionamento: inicialmente, uma certa quantidade de gás é admitida no interior de uma câmara de compressão, que então é cerrada e sofre redução de volume. Finalmente, a câmara é aberta e o

gás liberado para consumo. Trata-se, pois, de um processo intermitente, no qual a compressão propriamente dita é efetuada em sistema fechado, isto é, sem qualquer contato com a sucção e a descarga. Conforme iremos constatar logo adiante, pode haver algumas diferenças entre os ciclos de funcionamento das máquinas dessa espécie, em função das características específicas de cada uma.

2.3.2 Compressores dinâmicos

Os compressores dinâmicos ou turbocompressores possuem dois órgãos principais: impelidor e difusor. O impelidor é um órgão rotativo munido de pás que transfere ao gás a energia recebida de um acionador. Essa transferência de energia se faz em parte na forma cinética e em outra parte na forma de entalpia. Posteriormente, o escoamento estabelecido no impelidor é recebido por um órgão fixo denominado difusor, cuja função é promover a transformação da energia cinética do gás em entalpia, com conseqüente ganho de pressão. Os compressores dinâmicos efetuam o processo de compressão de maneira contínua, e portanto correspondem exatamente ao que se denomina, em termodinâmica, um volume de controle.

2.4 Princípios de Funcionamento

2.4.1 Compressores alternativos

Esse tipo de máquina se utiliza um sistema biela-manivela para converter o movimento rotativo de um eixo no movimento translacional de um pistão ou embolo, como mostra a Figura 1. Dessa maneira, a cada rotação do acionador, o pistão efetua um percurso de ida e outro de vinda na direção do cabeçote, estabelecendo um ciclo de operação.

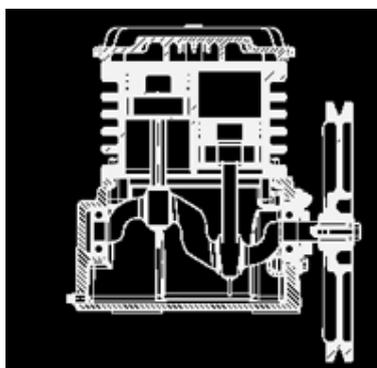


Figura 1: Compressor alternativo.

(Fonte: Dewalt do Brasil)

O funcionamento de um compressor alternativo está intimamente associado ao comportamento das válvulas. Elas possuem um elemento móvel denominado obturador, que funciona como um diafragma, comparando as pressões interna e externa ao cilindro. O obturador da válvula de sucção se abre para dentro do cilindro quando a pressão na tubulação de sucção supera a pressão interna do cilindro, e se mantém fechado em caso contrário. O obturador da válvula de descarga se abre para fora do cilindro quando a pressão interna supera a pressão na tubulação de descarga, e se mantém fechado na situação inversa. Com isso, temos as etapas do ciclo de funcionamento do compressor mostradas na Figura 2.

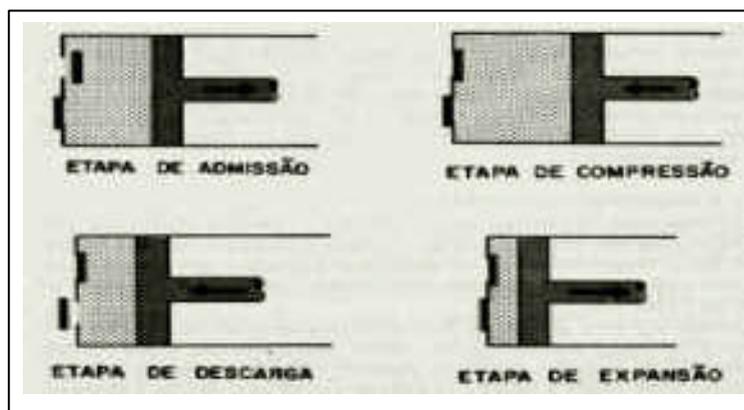


Figura 2: Etapas do ciclo de funcionamento.

(Fonte: Manual de Ar Comprimido, 1976)

Na etapa de admissão o pistão se movimenta em sentido contrário ao cabeçote, fazendo com que haja uma tendência de depressão no interior do cilindro que propicia a abertura da válvula de sucção. O gás é então aspirado. Ao inverter-se o sentido de movimentação do pistão, a válvula de sucção se fecha e o gás é comprimido até que a pressão interna do cilindro seja suficiente para promover a abertura da válvula de descarga. Isso caracteriza a etapa de compressão. Quando a válvula de descarga se abre, a movimentação do pistão faz com que o gás seja expulso do interior do cilindro. Essa situação corresponde à etapa de descarga e dura até que o pistão encerre o seu movimento no sentido do cabeçote. Ocorre, porém, que nem todo o gás anteriormente comprimido é expulso do cilindro. A existência de um espaço morto ou volume morto, compreendido entre o cabeçote e o pistão no ponto final do deslocamento desse, faz com que a pressão no interior do cilindro não caia instantaneamente quando se inicia o curso de retorno. Nesse momento, a válvula de descarga se fecha, mas a de admissão só se abrirá quando a pressão interna cair o suficiente para o permitir. Essa etapa, em que as duas válvulas estão bloqueadas e o pistão se movimenta em sentido inverso ao do cabeçote, se denomina etapa de expansão, e precede a etapa de admissão de um novo ciclo.

Podemos concluir então que, devido ao funcionamento automático das válvulas, o compressor alternativo aspira e descarrega o gás respectivamente nas pressões instantaneamente reinantes na tubulação de sucção e na tubulação de descarga. Em termos reais, há naturalmente uma certa diferença entre as pressões interna e externa ao cilindro durante a aspiração e a descarga, em função da perda de carga no escoamento.

2.4.2 Compressores de palhetas

O compressor de palhetas possui um rotor ou tambor central que gira excentricamente em relação à carcaça, conforme mostra a figura abaixo. Esse tambor possui rasgos radiais que se prolongam por todo o seu comprimento e nos quais são inseridas palhetas retangulares, conforme é mostrado no detalhe nas Figura 3.

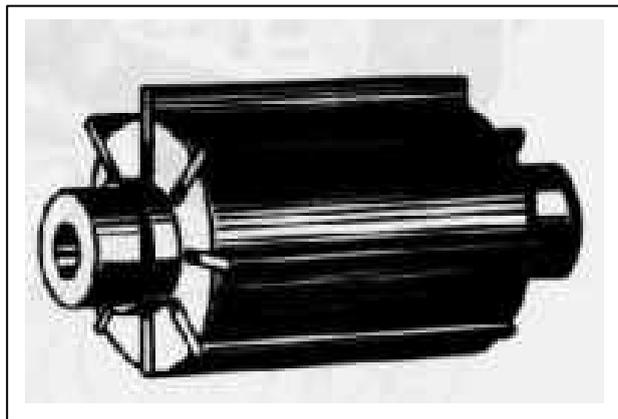


Figura 3: Compressor de paleta – rotor.

(Fonte: Dewalt do Brasil)

Quando o tambor gira, as palhetas deslocam-se radialmente sob a ação da força centrífuga e se mantêm em contato com a carcaça. O gás penetra pela abertura de sucção e ocupa os espaços definidos entre as palhetas. Novamente observando a figura acima, podemos notar que, devido à excentricidade do rotor e às posições das aberturas de sucção e descarga, os espaços constituídos entre as palhetas vão se reduzindo de modo a provocar a compressão progressiva do gás. A variação do volume contido entre duas palhetas vizinhas, desde o fim da admissão até o início da descarga, define, em função da natureza do gás e das trocas térmicas, uma relação de compressão interna fixa para a máquina. Assim, a pressão do gás no momento em que é aberta a comunicação com a descarga poderá ser diferente da pressão

reinante nessa região. O equilíbrio é, no entanto, quase instantaneamente atingido e o gás descarregado.

2.4.3 Compressores de parafusos

Esse tipo de compressor possui dois rotores em forma de parafusos que giram em sentido contrário, mantendo entre si uma condição de engrenamento, conforme mostra a Figura 4.

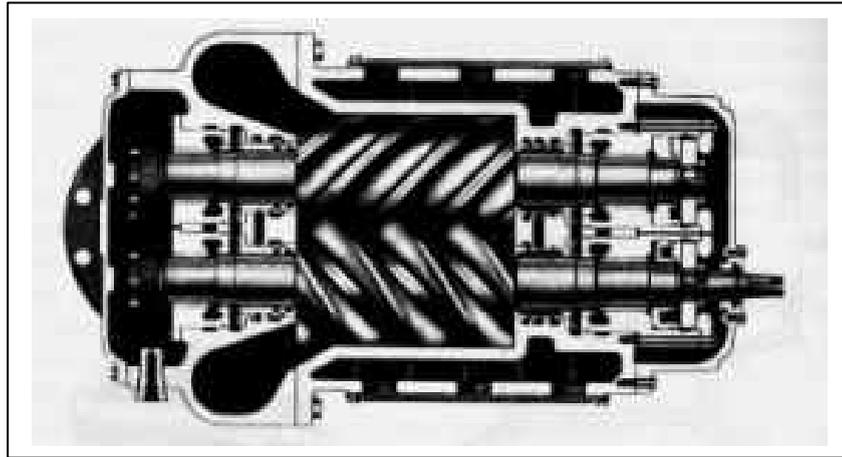


Figura 4: Vista lateral indicando a movimentação do gás em um compressor de parafusos.

(Fonte: Dewalt do Brasil)

A conexão do compressor com o sistema se faz através das aberturas de sucção e descarga, diametralmente opostas, tal como indica a Figura 5.

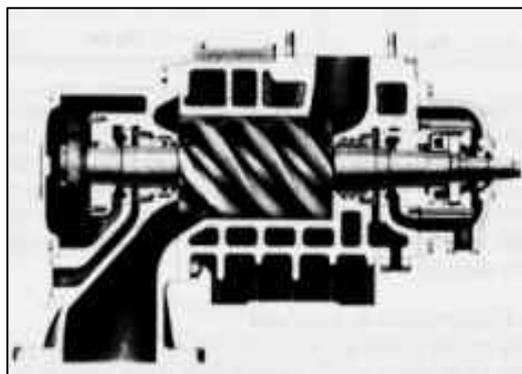


Figura 5: Aberturas de sucção e de descarga.

(Fonte: Dewalt do Brasil)

O gás penetra pela abertura de sucção e ocupa os intervalos entre os filetes dos rotores. A partir do momento em que há o engrenamento de um determinado filete, o gás nele contido

fica encerrado entre o rotor e as paredes da carcaça. A rotação faz então com que o ponto de engrenamento vá se deslocando para a frente, reduzindo o espaço disponível para o gás e provocando a sua compressão. Finalmente, é alcançada a abertura de descarga, e o gás é liberado.

A relação de compressão interna do compressor de parafusos depende da geometria da máquina e da natureza do gás, podendo ser diferente da relação entre as pressões do sistema.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico tem como principal objetivo proporcionar fundamentos e conhecimentos para um bom entendimento do problema em estudo e para a análise e interpretação dos dados da pesquisa em questão.

Esta fundamentação tratará dos seguintes temas: qualidade, controle de qualidade, controle estatístico do processo e ferramentas da qualidade.

3.1 Conceito de Qualidade

Não existe uma definição única, universal, para qualidade; os próprios “gurus” da qualidade apresentam diferentes definições. Para Juran, qualidade significa adequação ao uso. Para Deming, qualidade significa atender e, se possível, exceder as expectativas do consumidor. Para Crosby, qualidade significa atender às especificações. Para Taguchi, a produção, o uso e o descarte de um produto sempre acarretam prejuízos (“perdas”) para a sociedade; quanto menor for o prejuízo, melhor será a qualidade do produto (COSTA *et al*, 2004, p. 5).

Deming (1990, p. 110) afirma que qualidade pode ser definida em termos de quem a avalia. Em sua opinião, um operário, produz com qualidade se puder se orgulhar de seu trabalho. Baixa qualidade, para ele, significa perda de negócios e talvez de seu emprego. Já para um administrador, qualidade significa produzir com a qualidade planejada e atender às especificações de serviço quanto para as de produção de bens.

Juran (1993, p. 16) definiu qualidade como um conjunto de atributos que tornam um bem ou serviço adequado ao uso para o qual foi concebido, atendendo a diversos critérios, tais como: operabilidade, segurança, tolerância a falhas, conforto, durabilidade, facilidade de manutenção e outros. Assim, Juran (1993, p. 16) reconheceu que o usuário é o que realmente interessa.

Para Basha (1990, p. 14), a noção de qualidade como adequação ao uso, apesar de clara, não deixa explícito algumas particularidades das atividades de produção, comercialização e atendimento pós-venda de um produto. De fato, são também associadas à qualidade, outras

características típicas da relação entre o fornecedor e o usuário, tais como a capacidade do fornecedor em se antecipar às necessidades do cliente.

Deming (1990, p. 20) também associa a qualidade ao cliente quando afirma que qualidade quer dizer “*fabricação econômica de produtos que atendam a necessidades do mercado*”. Segundo Deming (1990, p. 23) o cliente é a parte mais importante da produção, pois ele define a qualidade desejada de um produto.

Deming (1990, p. 23), ao falar da necessidade do consumidor, afirma:

“A necessidade de estudar as necessidades do consumidor e fornecer serviços ligados ao produto (...) o mais importante é atender as necessidades dos consumidores, seus desejos e criar produtos e serviços que lhes propiciem uma vida melhor no futuro.”

A qualidade de um produto é decorrente da qualidade do processo de produção. Para se obter um produto com qualidade, é necessário acompanhar o seu ciclo de vida, desde o projeto até o uso. Devem ser identificados aqueles atributos que irão determinar a qualidade do produto, de modo a projetá-lo para atender a tais atributos, produzi-lo dentro das especificações e acompanhar o seu uso, verificando se foi adequadamente projetado e corretamente produzido.

“Operações de alta qualidade não desperdiçam tempo ou esforço de retrabalho nem seus clientes são incomodados por serviços imperfeitos” (SLACK *et al*, 2002, p. 80).

Garantir que um produto está conforme as especificações é uma tarefa-chave da produção (SLACK *et al*, 2002. p.552).

Segundo Ishikawa (1993, p.48), qualidade é a capacidade de satisfazer as necessidades do consumidor; tanto na hora da compra, quanto durante a utilização, ao menor custo possível, minimizando as perdas e melhor do que os concorrentes.

3. 2 Qualidade: História e Evolução

O conceito qualidade não é uma idéia nova. Ele desenvolveu-se ao longo dos tempos, pois já estava presente nas civilizações antigas, associadas à preocupação com o belo e as

necessidades materiais de egípcios, babilônios, gregos e romanos (BORDIGNON, 1998, p.33).

O conceito qualidade está longe de ser algo novo. Ele existe há milênios. A palavra qualidade aparece por diversas vezes na Bíblia, encontramos em Gênese 7:14, Mateus 10:41 e 13:47. Apenas recentemente a qualidade aparece como uma função gerencial formal. Evoluiu gradualmente até alcançar a importância que possui hoje. Pode se dizer que a inspeção representou o primeiro passo a partir do surgimento da produção seriada. Antes do século XIX toda a inspeção da tarefa era feita a olho nu.

Garvin (1992, p. 4) relata que no início do século XX com o amadurecimento do sistema norte americano de produção e surgimento da racionalidade do trabalho com os estudos de Taylor, a inspeção adquiriu maior legitimidade. Aqui, a inspeção era uma técnica bastante primitiva no controle da qualidade e contida no simples ato de contagem e classificação com a finalidade de assegurar os produtos “bons” fossem separados dos “maus”, com uma tarefa a ser atribuída a um dos oito chefes funcionais (encarregados) necessários para um bom gerenciamento da fábrica. Com efeito, para Taylor:

“O inspetor é responsável pela qualidade do trabalho, e tanto os operários quanto os mestres (que providenciam o uso das ferramentas de corte apropriadas, que verificam se o trabalho está no rumo certo e se os cortes estão sendo feito na parte certa da peça) têm que cuidar para que o trabalho seja acabado de maneira a satisfazê-lo. É claro que ele pode trabalhar melhor se um mestre na arte de acabar o trabalho bem depressa.” (apud GARVIN, 1992. p.5)

O autor afirma também, que na década de 30, a inspeção por amostragem começa a ser adotada nos EUA, sendo aperfeiçoada principalmente graças aos trabalhos de Harold F. Dodge (1893- 1974), dos Laboratórios Bell, que também desenvolveria as primeiras tabelas para planejar o processo de inspeção, os chamados planos de inspeção.

3.3 Shewhart e a moderna engenharia da qualidade

Bordignon (1998, p. 40), relata que durante a década de 30 o estatístico Walter Shewhart (1891-1967), dos Laboratórios Bell, desenvolveu os conceitos básicos da moderna engenharia da qualidade e os apresentou na obra *Economic Control of Quality of Manufactured Products*, de 1931.

De acordo com Bodignon (1998, p. 41), Shewhart entendia que o operário era perfeitamente capaz de compreender, observar e controlar a sua produção e dedicou-se a desenvolver técnicas para tal. Introduziu, então, os conceitos de controle estatístico de processos e de ciclo de melhoria contínua, que foram aplicados, experimentalmente, na fábrica de Hawthorne, já no final dos anos 20. Shewhart compreendeu que um processo é formado por uma certa combinação de fatores (equipamentos, recursos humanos, metodologia, ferramental e matéria-prima), que gera um produto ou serviço com determinadas características.

Shewhart constatou que, ao acompanharmos alguma característica dos bens sucessivamente produzidos, certas variações eram observadas. Se estas fossem estatisticamente aleatórias, o processo estaria "sob controle". Se apresentassem, porém, um viés sistemático, haveria alguma "causa especial" que o provocava e que poderia ser eliminada. Para tal, Shewhart desenvolveu cartas de controle, gráficos em que são lançados valores medidos em amostras retiradas da produção e que mostram se o processo está sob controle .

Juran (1993, p. 5), agrupa o conceito de Shewhart dentro de um grupo mais genérico chamado de Engenharia da Qualidade. Segundo o autor, *“essa especialidade origina-se na aplicação de métodos estatísticos para o controle da produção da qualidade em fabricação”*.

Deming (1990, p. 56) relata que outro importante conceito introduzido por Shewhart foi o ciclo de melhoria contínua, também chamado de ciclo PDCA. Ele defendia uma abordagem sistematizada para a solução de qualquer problema na empresa.

3.4 A Busca da Qualidade no Japão

Ishikawa (1993, p. 15), afirma que o Japão após a Segunda Guerra Mundial encontrava-se devastado pela derrota, e que praticamente, todas as suas indústrias haviam sido destruídas e não havia comida, roupas e habitações.

Quando as forças americanas de ocupação chegaram no Japão, encontraram um grande obstáculo: as falhas no sistema de comunicação. Os telefones não eram ferramentas confiáveis para comunicação. O problema não era só a guerra, mas os equipamentos eram irregulares e medíocres. Assim, as forças armadas ordenaram aos japoneses que comessem a usar de um moderno controle de qualidade e começou a educar o setor.

Este controle não sofreu quaisquer modificações para enquadrar a cultura japonesa, trazendo alguns problemas. Mas os resultados deste controle foram bons, e logo expandiu para outros setores empresariais. Ishikawa (1993, p. 16) , ao falar sobre o controle de qualidade no Japão, afirma que: *‘Não importa quanto possam ser bons os métodos americanos e ingleses, eles não podem ser importados pelo Japão como estão. Para serem bem-sucedidos, precisamos criar um método japonês.’*

Segundo Werkema (1995, p. 11), em 1946 foi criado a JUSE (*Union of Japanese Scientists and Engineers*), que tinha como objetivos pesquisar disseminar os conhecimentos sobre controle da qualidade, para que as indústrias pudessem melhorar seus produtos.

Em 1950, a JUSE convidou Deming, para proferir um seminário sobre controle da qualidade para os administradores e engenheiros. O perfil do seminário foi o seguinte:

- a) Como usar o ciclo PDCA para melhora a qualidade;
- b) A importância do entendimento para a variabilidade;
- c) Controle do processo através do uso de gráficos de controle e como utilizá-los.

Como os administradores japoneses demonstravam pouco interesse no controle de qualidade, a JUSE convidou Juran para realizar seminários para a administração japonesa a fim de explicar o controle.

Juran explicou quanto fácil era o controle da qualidade e da necessidade do envolvimento de todos os setores da empresa. A partir da visão de Juran criou-se uma abertura para o estabelecimento do controle de qualidade total como o conhecimento atual.

3.5 Gurus da qualidade

Berk (1997, p.5) relata, os gurus da qualidade entenderam, que a simples separação dos produtos bons dos maus, ponderaram eles, não fosse o método mais adequado de garantir um produto de qualidade. Uma filosofia mais eficiente poderia se concentrar em medidas para impedir que o produto deficiente chegasse a ser produzido, em vez de simplesmente eliminá-lo. Além disso, eles reconheceram que o conceito de controle de qualidade não precisava se restringir somente aos processos de produção

3.5.1 W. E. Deming

Deming (1900-1993), era físico e estatístico. Discípulo de Shewhart e de Fisher. Contribuiu para o desenvolvimento de procedimentos estatísticos adotados pelo censo americano a partir de 1940. Durante a Segunda Guerra, prestou consultoria às empresas norte-americanas na implantação de sistemas de controle da qualidade.

Após a guerra, desiludido pelo abandono dessas técnicas, aceitou um convite para ir ao Japão, prestar apoio à recuperação da indústria daquele país. Lá, Deming divulgou os conceitos de melhoria contínua e de controle estatístico de processos.

Resumiu os seus ensinamentos em 14 pontos apresentados no livro *Out of the Crisis*, de 1982:

- I - Crie constância de propósito para a melhoria do produto e do serviço.
- II - Adote a nova filosofia. Qualidade tem de se tornar a nova religião.
- III - Deixe de depender de inspeção maciça.
- IV - Acabe com a prática de fazer negócios apenas pelo preço.
- V - Aperfeiçoe constantemente e para sempre o sistema de produção e de serviço.
- VI - Institua o treinamento e o retreinamento.
- VII - Institua a liderança. Liderar é “a” tarefa do gerente.
- VIII - Elimine o temor.
- IX - Derrube as barreiras entre áreas do *staff*.
- X - Elimine *slogans*, exortações e metas.
- XI - Elimine quotas numéricas.
- XII - Remova as barreiras ao orgulho pelo trabalho bem feito.
- XIII - Institua um vigoroso programa de educação.
- XIV - Aja. Tome a iniciativa para alcançar a transformação.

É importante notar que tais orientações não são prescritivas. Deming, ao contrário de outros estudiosos da administração, não oferece "receitas de bolo" de aplicação geral, mas um conjunto de princípios a serem adaptados à cultura de cada organização.

Deming acreditava que a responsabilidade pela a qualidade ser compartilhada por todos da empresa. Também reconheceu que a maioria dos problemas relacionados à qualidade, cerca de 96%, eram induzidos pelo sistema e portanto não estavam associados à mão-de-obra.

3.5.2 J. M. Juran

Joseph M. Juran, talvez o mais conceituado consultor em gestão da qualidade da atualidade, iniciou em 1924 suas atividades como engenheiro, empresário e consultor. Em 1950 enunciou a aplicação do princípio de Pareto aos problemas gerenciais, segundo o qual poucas causas são responsáveis pela maior parte das ocorrências de um problema e um grande número de possíveis causas é irrelevante. Sugeriu, também, a implementação de sistemas da qualidade através de três etapas distintas, planejamento, controle e melhoria, e desenvolveu inúmeros artigos e uma dúzia de livros, entre os quais o *Juran's Quality Handbook*, hoje talvez o mais importante manual de engenharia e gestão da qualidade. É defensor da concepção da qualidade desde o projeto e da contabilização de custos da qualidade.

“Há evidências crescentes de que muitos problemas de adequação ao uso podem ser atribuídos ao projeto do produto” (JURAN, 1992. p.4. v.2).

“Para os produtos modernos, a obtenção de adequação ao uso implica em equilíbrio entre parâmetros e custos correntes” (JURAN, 1992. p.7. v.2).

3.5.3 P.B Crosby

Philip B. Crosby é mais conhecido por seu trabalho sobre custo da qualidade. Sugeriu que muitas organizações não sabem quanto gastam em qualidade, seja para consertarem o que fazem de errado ou para o que fazem certo. Afirmou que as organizações que mensuram seus custos dizem que eles representam 30% do valor de vendas (outros sugerem em valor menor, em torno de 10%). Crosby procurou destacar os custos e benefícios da implantação de programas de qualidade por meio de seu livro *Quality is free*, no qual apresentou o programa zero defeito. Isto é resumido em suas máximas da administração da qualidade:

- 1 – Qualidade é conformidade às exigências.
- 2 – Prevenção, não inspeção.
- 3 – O padrão de desempenho deve ser “zero defeito”.
- 4 – Mensure o “preço da não-conformidade”.
- 5 – Não existe essa figura chamada problema de qualidade.

3.5.4 – G. Taguchi

Segundo Slack, Taguchi foi diretor da academia japonesa de qualidade e estava preocupado e estava preocupado com a qualidade da engenharia, por meio da otimização de desing do produto, combinado com métodos estatísticos de controle da qualidade. Estimulou as reuniões interativas de equipes e operários e gerentes visando criticar e desenvolver desing de produtos. A definição de qualidade de Taguchi utiliza conceito de perda imposta pelo produto ou serviço à sociedade, desde o momento em que ele é criado.

3.6 Controle da Qualidade Total

De acordo com Slack (2002, p. 662), a noção de controle de qualidade total (TQC) foi introduzida em 1957 por Feigenbaum. Recentemente é que tem sido desenvolvida pelos “gurus”, por meio de várias abordagens. Para Feigenbaum, TQC pode ser definido como *“um sistema eficaz para integrar forças de desenvolvimento, manutenção e melhoria da qualidade dos vários grupos de uma organização, permitindo levar a produção e o serviço aos níveis mais econômicos da operação e que atendam plenamente à satisfação do consumidor”* (abud SLACK, 2002. p.662).

Segundo Ishikawa (1993, p.17), praticar o bom controle de qualidade é desenvolver, projetar, produzir e comercializar um produto que é mais econômico, mais útil e sempre satisfatório para o consumidor.

Para Campos (1999, p.15) e Slack et al (2002, p. 665) o controle de qualidade total é regido pelos seguintes princípios básicos:

- a) produzir e fornecer produtos que satisfaçam as necessidades e expectativas do consumidor;
- b) inclusão de todas as pessoas e partes da empresa;
- c) exame de custo relacionado com a qualidade;
- d) garantir a sobrevivência da empresa através da lucratividade contínua;
- e) reduzir as desperções isolando as causas;
- f) desenvolvimento de um processo de melhoria contínua.

Basha (1990, p. 5) afirma que o conceito de controle de qualidade implica em um estudo de características da qualidade por meio das quais um processo é julgado em termos de conformidade ou aceitabilidade.

3.7 Definição de processo

Slack (2002, p. 37), define processo como sendo a transformação de um conjunto de *inputs* (recursos de entrada) em *outputs* (saídas de produtos). Sendo que, *inputs* seriam classificados em recursos transformados: materiais, informações e consumidores, e recursos de transformação: prédios, equipamentos e funcionários. Já Campos (1999, p.17), define processo como “*um conjunto de causa (que provocam um ou mais efeitos)*”.

Segundo Galuch (2001, p.23), processo é um conjunto de atividades, que podem incluir ações métodos e operações, que possuem como característica satisfazer as necessidades e expectativas do cliente na forma de produtos.

Mafera recomenda “*a definição de um processo exige que se conheça os limites do processo, ou seja, precisamos saber quando o processo começa e quando termina*”. (abud GALUCH, 2001.p.23).

Galuch (2001, p. 24) afirma que, a qualidade daquilo que resulta de um processo é determinada pela qualidade daquilo que entra e do que acontece em cada etapa ao longo do caminho. Portanto, precisa-se construir com qualidade em todas as etapas de um processo de produção.

De acordo com Werkema (1995, p.3), um processo sempre apresenta variabilidade, o que resulta na variação da qualidade final do produto. Existindo muitas causas para a presença de variabilidade, tais como: a composição da matéria-prima, métodos de trabalho, as condições ambientais e operários envolvidos no processo.

A autora afirma que há dois tipos de causas para a variação da qualidade do produto proveniente do processo:

- a) Causas comuns: causas que estão presentes num processo mesmo padronizando-o.

b) Causas especiais: são situações particulares que faz com que o processo varie de forma diferenciada ao usual, podendo resultar em um deslocamento no nível da qualidade.

Ao discutir a redução da variabilidade Werkema (1995, p. 6), afirma:

“Para que a redução da variabilidade de um processo possa ser alcançada é fundamental diferenciar, na prática, os dois tipos de causas de variação (...). Por meio de emprego da Estatística é possível distinguir, de forma objetiva e econômica as causas comuns das causas especiais de variação.”

Por tanto, através da citação acima, para a autora, a redução da variabilidade pode ser obtida através do Controle Estatístico do Processo (CEP).

3.8 Controle Estatístico do Processo

Segundo Ribeiro & Caten (1997), o CEP é uma técnica estatística aplicada à produção que permite a redução sistemática da variabilidade nas características da qualidade de interesse, contribuindo para a melhoria da qualidade intrínseca, da produtividade, da confiabilidade e do custo do que está sendo produzido. (apud FITERMAN et al, 2004, p. 1721).

Slack et al (2002, p. 564) afirma que o controle do processo preocupa-se em checar um produto durante seu processo. Havendo razões para acreditar que há um problema com o processo, ele pode ser interrompido e os problemas podem ser identificados e retificados.

Miranda (1994) compartilha de mesma idéia, ao afirmar que o controle estatístico processo tem 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”*. (abud GALUCH, 2001, p. 21).

Na visão de Galuch (2001, p. 22):

“O Controle Estatístico do Processo (CEP), desde que inserido num programa de melhoria contínua, utiliza as técnicas estatísticas para analisar o comportamento do processo de fabricação, efetuar ações corretivas que permitam mantê-lo dentro de condições preestabelecidas e tem como objetivo, evitar a produção de itens de qualidade insatisfatória (...). Esse tipo de controle reduz os custos

evitando desperdícios e retrabalho. Além disso, maximiza a produtividade, identificando e eliminando as causas de variação do processo e reduz a necessidade de inspeção de produtos.”

Para Werkema (1995, p. 6), o controle do processo é exercido por meio do ciclo PDCA. Na utilização do ciclo é preciso empregar várias ferramentas. Estas ferramentas são denominadas ferramentas da qualidade. Entre estas ferramentas, as técnicas estatísticas são de especial importância.

3.8.1 Ciclo PDCA

Conforme especifica Aguiar (2002, p. 15), para que as empresas sejam capazes de promover as mudanças necessárias, é preciso que tenham um sistema de gestão que as ajudem a enfrentar os desafios que irão encontrar. O sistema de gestão deverá ser utilizado para defrontar esses desafios, é o ciclo PDCA.

O PDCA é a seqüência de atividades que são percorridas de maneira cíclica para melhorar as atividades (SLACK et al, 2002, p. 605). O ciclo PDCA pode ser representado por meio da Figura 6.

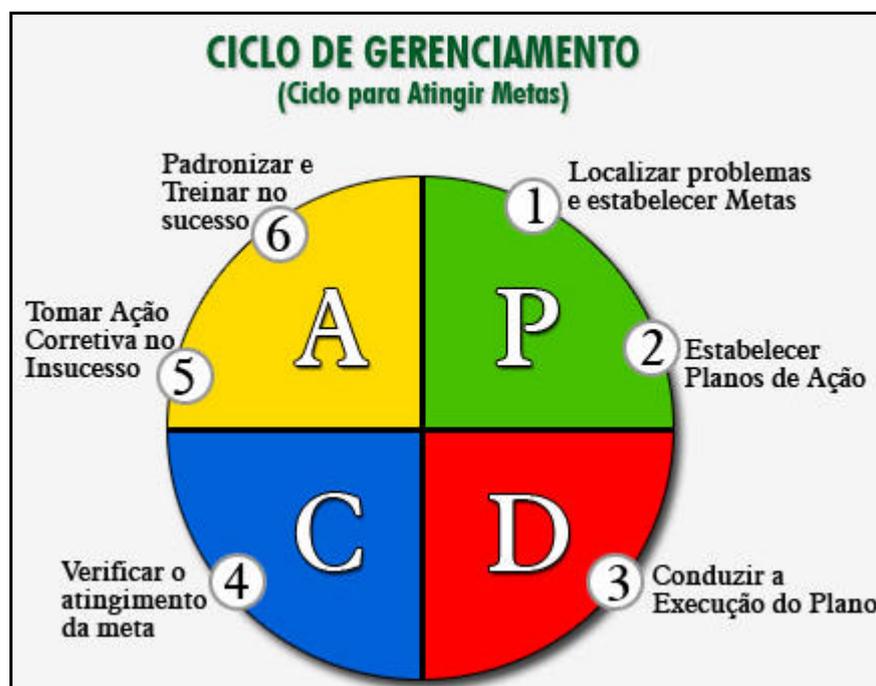


Figura 6: Ciclo PDCA.

(Fonte: Indg)

Werkeman (1995, p. 27) e Aguiar (2002, p. 24), definem os termos no ciclo PDCA tendo os seguintes significados:

Planejamento (P) - toda ação deve ser planejada, ou seja, deve-se definir a meta de interesse e estabelecidos os meios (planos de ação) necessários para atingir estas metas.

Execução (D) – Execução das tarefas como previsto no plano e coleta de dados para verificação do processo. Nesta etapa, é essencial a execução em pequena escala.

Verificação (C) – A partir dos dados coletados, compara com a meta. A solução é avaliada, para ver se resultou no melhoramento de desempenho esperado.

Ações (A) – o quarto quadrante do Ciclo PDCA corresponde às ações corretivas, que são conduzidas quando algum problema é localizado durante a fase de verificação. Ou se a meta foi alcançada, são estabelecidos os meios de manutenção dos bons resultados obtidos.

3.9 Ferramentas da Qualidade

Slack et al (2002, p. 611), define as ferramentas da qualidade como números que formam a base para a compreensão, decisões e ações na busca do melhoramento contínuo do processo dos métodos utilizados nos processos; é portanto, essencial que haja um cuidadoso sistema de coleta, registro e apresentação de dados.

Werkema (1995, p. 27) afirma que existe um conjunto de “métodos” que Ishikawa denominou de as setes ferramentas básicas. Estas devem ser usadas para interpretar e maximizar o uso dos dados. São elas:

- a) Estratificação;
- b) Folha de verificação;
- c) Histogramas;
- d) Diagrama de causa e efeito;
- e) Gráfico de Pareto;
- f) Diagrama de dispersão;
- g) Gráfico de controle.

3.9.1 Coleta de dados

Werkma (2002, p. 45 -70) afirma que a coleta de dados é utilizada na tomada de decisão para controle e melhoria de um processo ou produto, a partir de informações sobre seu estado atual ou desempenho. No conhecimento sobre algo e na definição da probabilidade de sucesso de nossas ações

Procedimento:

- Definir por que os dados estão sendo coletados
- Definir a variável a ser observada
- Definir o período de observação
- Definir os locais de observação
- Avaliar a variabilidade do sistema de medição
- Coletar o dados de maneira consistente e honesta
- Registrar qualquer coisa que possa influir nos resultados, tais como: Fluxo, tempo, pessoas, material, ajuste do processo, temperatura ambiente, método, dispositivo de medição, especificações, calibração, tipo de defeito, produção, quantidade...

Werkema (1995, p. 58) ressalta que antes da coleta de dados deve ser elaborado uma Folha de Verificação que apresente campos para o registro dos possíveis fatores de estratificação.

3.9.1.1 Folha de verificação

Kume (1995, p. 13 – 19) e Aguiar (2002, p. 31), definem que as Folhas de verificação como sendo pontos lógicos de início da maioria dos ciclos de solução de problemas. Sendo elas ferramentas, usadas para responder a pergunta “Com que frequência certos eventos acontecem?”. Ela inicia o processo transformando “opiniões” em “fatos”.

Seu principal objetivo é o de organizar, simplificar a forma de registro das informações obtidas por um processo de coletas de dados. Sua característica na etapa de execução é registrar informações obtidas durante a produção para posterior diagnóstico do processo. A forma da Folha de Verificação se modifica dependendo do tipo de informação a ser registrada como também o seu nome/ título. Alguns exemplos:

- a) Folha de Verificação para Localização dos Defeitos;
- b) Folha de Verificação para Estratificação dos Defeitos;

c) Característica de Qualidade dos Lotes Amostrados.

Na Figura 7 é apresentado o modelo de Folha de Verificação para Estratificação dos Defeitos.

		Requisitos da Produção (COMOs)						Observ.
		materiais	treinamento	equipamentos	dispositivos	ferramentas	planejamento	
Processo 1	Parâmetros do Processo (O QUEs)							
Processo 2	Parâmetros do Processo (O QUEs)							

Figura 7: Modelo de folha de verificação.
(Fonte: EPS)

Observa-se que as falhas apresentam estratificadas por tipo de defeito. Estratificação é o agrupamento da informação por um critério estabelecido que nos auxilia na identificação de causa e efeito.

3.9.2 Histogramas

Kume (1995, p. 42), define o histograma como sendo métodos gráficos para análise de dados tabulados o histograma é o de maior utilização. Um histograma mostra a frequência das observações de uma característica.

O autor afirma que um histograma bem construído pode fornecer muitas informações sobre os dados coletados como: forma da distribuição, centragem e condições anormais. Histogramas podem ser utilizados para análise de variáveis e atributos. Este método pode parecer primário, mas seu valor não deve ser subestimado, pois propicia uma análise rápida e eficiente. Na Figura 8 é apresentado um modelo de histograma.

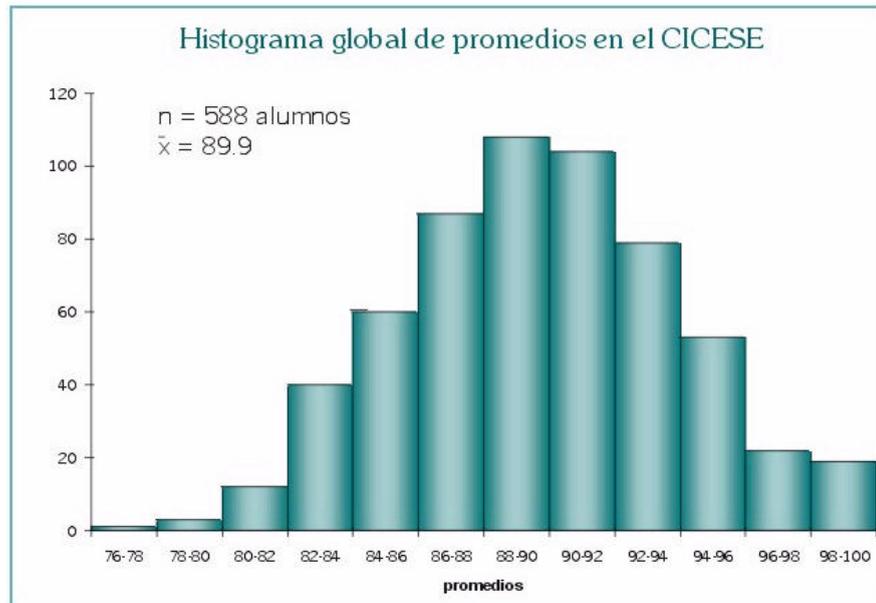


Figura 8: Modelo de histograma.
(Fonte: DEP)

3.9.4 Diagrama de causa e efeito

Segundo Slack et al (2002, p. 614), os diagramas de causa-efeito é um método particularmente efetivo de ajudar a pesquisar as raízes de problemas. É feito isto perguntando: o que, onde, como e por que.

Kume (1995, p. 30), o diagrama foi desenvolvido para representar a relação entre o “efeito” e todas as possibilidades de “causa” que podem contribuir para este efeito. O efeito ou problema é colocado no lado direito do gráfico e os grandes contribuidores ou “causas” são listados à esquerda. Comece tentando isolar o problema que está sob sua alçada ou área de trabalho. A Figura 9 mostra a forma geral do diagrama de causa e efeito.

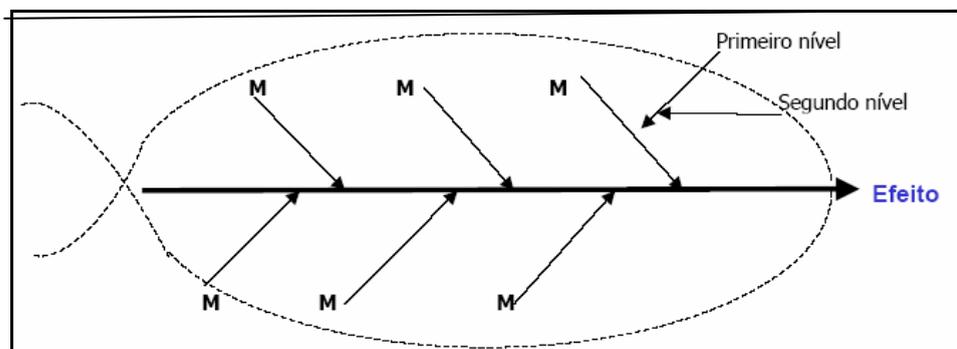


Figura 9: Forma geral do diagrama de causa e efeito.
(Fonte: DEP)

O diagrama de causa e efeito é desenhado para ilustrar claramente as várias causas que afetam um processo por classificação e relação das causas. Para cada efeito existem, seguramente, inúmeras categorias de causas. As causas principais podem ser agrupadas sob seis categorias conhecidas como os 6M: máquinas, métodos, materiais, pessoas, medição e meio ambiente.

3.9.5 Gráfico de Pareto

Werkeman (1995, p.71) o diagrama de Pareto é uma forma especial do gráfico de barras verticais que nos permite determinar quais problemas resolver e qual a prioridade. O diagrama de Pareto, elaborado com base em uma folha de verificação ou em uma outra fonte de coleta de dados, nos ajuda a dirigir nossa atenção e esforços para problemas verdadeiramente importantes. Em geral, teremos então melhores resultados se atuarmos na barra mais alta do gráfico do que nos embaraçando nas barras menores. Sua aplicação é em Identificar dos principais fatores de um resultado, identificar as principais causas de um problema, priorizar ações de melhoria. O gráfico de Paretos é demonstrado na Figura 10.

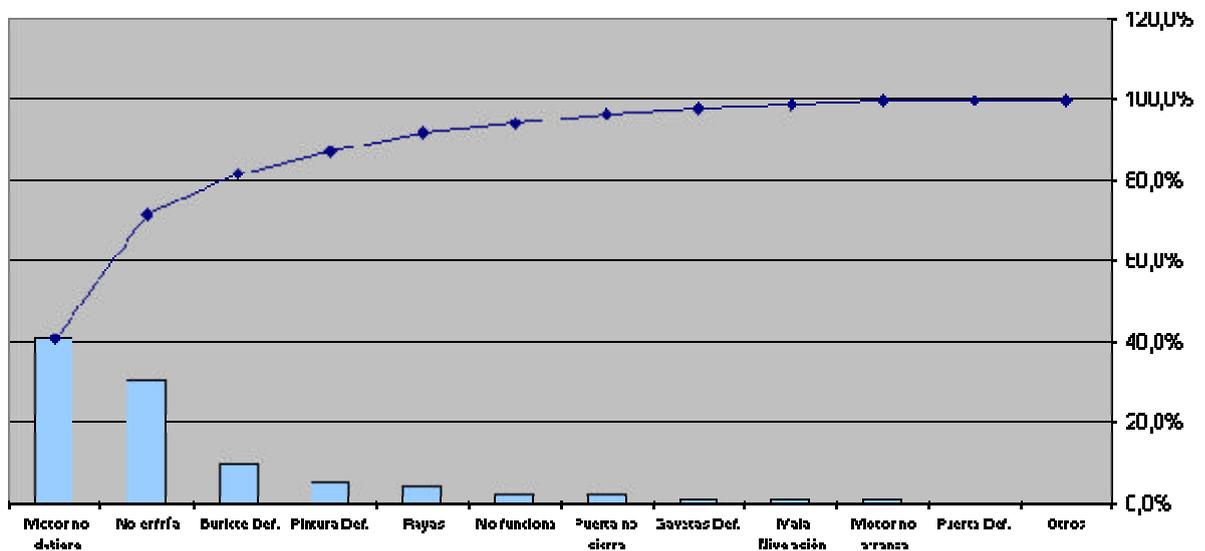


Figura 10: Gráfico de Paretos.
(Fonte: Vipnet)

3.9.6 Diagrama de Dispersão

Segundo Oliveira (1994), o diagrama de dispersão é utilizado para estudar a possível relação entre duas variáveis. O diagrama de dispersão é usado para se verificar uma possível relação de causas e efeito. Isto não prova que uma variável afeta outra, mas torna claro se uma relação existe e em que intensidade.

O diagrama de dispersão é constituído de forma que o eixo horizontal (eixo x) represente os valores medidos de uma variável e o eixo vertical (eixo y) represente as medições da segunda variável.

3.9.7 Gráficos de controles

Werkeman (1995, p. 181), define os gráficos de controle como sendo um gráfico de acompanhamento com uma linha superior (limite superior de controle) e uma linha inferior (limite inferior de controle) em cada lado da linha média do processo, todos estatisticamente determinados.

Esses limites são determinados considerando-se a operação normal do processo (isto é, sem controles especiais), coletando-se amostras e aplicando a média das amostras na fórmula apropriada.

4. METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentado o delineamento da pesquisa. Nele serão consideradas as formas de abordagens e as ferramentas que proporcionam os meios técnicos para a investigação pretendida.

O elemento mais importante para a identificação do trabalho é o procedimento adotado para a coleta de dados e análise deles.

4.1 Modelo Proposto

Para que todas as atividades sejam gerenciadas de forma ordenada e cíclica, será utilizado um modelo proposto por Campos (1999), que aplica o CEP utilizando o ciclo PDCA. No entanto, para utilização deste modelo foi considerada as características particularidades da empresa e a complexidade do processo produtivo, o que fez com que fossem necessárias algumas modificações no modelo.

Quadro 2 – Modelo para Aplicação do CEP.

PDCA	Atividade
Planejamento (Plan)	Identificação o problema, analisando seu histórico através de gráficos
	Observação das características do problema através de coleta de dados, identificando quando ocorre, local, que tipo de produto e indivíduo. Para esta etapa utilizará a ferramenta de estratificação, folha de verificação e gráfico de Pareto.
	Análise de características não mensuráveis do problema.
	Definição de uma meta a ser atingida.
	Definição das causas que influenciam no problema, utilizando a ferramenta brainstorming e diagrama de causa e efeito.
	Análise das causas mais prováveis.
Execução	Bloqueamento das causas fundamentais.
Verificação (Check)	Análise da efetividade do problema
Ação corretiva (act)	Relação dos problemas remanescentes
	Reflexão

Inicialmente é feito levantamento de dados relativos ao problema de retrabalho em soldas. Verificando quais os locais de solda são mais retrabalhados, qual máquina, operador e modelo de reservatório de ar que mais afetam a qualidade da solda. Para verificar quais são as soldas em reservatórios que ocorrem retrabalhados será utilizada folha de verificação. Para identificar quais são as soldas mais retrabalhadas, será necessária o uso do Digrama de Pareto, com o fim de determinar qual tem relativa importância maior. Algumas características do problema da qualidade de soldagem não podem ser mensuráveis, logo há a necessidade de coleta de informações no local onde é realizada a operação de solda.

A empresa onde foi realizado o estudo de caso, possui indicadores de qualidade para melhoramento contínuo estabelecidos, não é necessário definir uma meta, porque ela já a possui.

Depois de determinado o problema, é necessário descobrir as principais causas que afetam-no. Para auxiliar na identificação das causas será utilizado o Diagramas de Causas e Efeito.

Através das reais causas, são feitas melhorias no processo produtivo aplicando ações corretivas sempre respaldadas por decisões administrativas, pois não se pode esquecer que sem o comprometimento da alta administração e os gerentes, não se tem nenhuma garantia de sucesso.

Em seguida faz-se levantamento dos dados verificando se houve efetividade nas ações tomadas ou não, e se o processo está sob controle. Caso não estiver faz-se o giro do ciclo PDCA.

5. APLICAÇÃO DO MODELO

Este capítulo descreve os módulos que fazem parte do conteúdo da proposta de implantação do CEP no processo produtivo da empresa em questão.

Para maiores esclarecimentos de onde ocorre o problema, no início deste capítulo será feita uma descrição da empresa e do processo produtivo do reservatório de ar.

5.1 A empresa

A empresa escolhida está localizada no sul do Brasil. Possui 110 funcionários, sendo 97 do setor produtivo. É considerada de médio-grande porte. Atende clientes em diversas partes do país, e também no exterior, o que obriga a busca por melhoria contínua em seu processo produtivo e nos produtos. Possui algumas certificações de qualidade: ISO 9001-2000, ASME e NR13.

Produz em mix de mais de 30 compressores, dividido em 3 modelos. Sendo todos eles do tipo alternativo. Os reservatórios de ar produzidos são: 8 LTS, 20 LTS, 50 LTS, 130 LTS, 130 LTS TURBO, 150 LTS, 175 LTS, 175 LTS TURBO, 175 WIND, 200 LTS, 200 LTS AP, 220 LTS, 250 LTS, 350 LTS, 425 LTS, 25 ODONTO e 30 ODONTO.

Seu setor de produção é dividido em quatro setores:

- Usinagem: setor responsável pela usinagem da unidade compressora (cabecotes). Dispõem de cinco tornos CNC, mais de quinze furadeiras, um centro de usinagem, três tornos convencionais e outras máquinas.
- Fábrica de tanques: produz o reservatório de ar.
- Montagem de cabecote: setor onde se faz a montagem do cabecote, utilizando peças usinadas pelo setor de usinagem.
- Montagem final: setor aonde é feita à junção da unidade compressora e reservatório de ar.

5.2 Processo de Fabricação do Reservatório de ar

O processo de fabricação de reservatório de ar é dividido em duas linhas de produção, uma produz reservatório de ar que será acoplado unidade compressora de baixa pressão (25 ODONTO, 30 ODONTO, 8LTS até 200 LTS AP), já a outra produz reservatórios de ar que será juntado a unidade compressora de alta pressão. O processo de fabricação dos tanques é a mesma, somente em máquinas diferentes. Sendo representado em anexo.

5.2.1 Tubo

O tubo é feito através de chapa de aço. Sua espessura e composição (chapa de aço) variam conforme o modelo de reservatório de ar.

Primeiro a chapa é cortada na guilhotina conforme especificações técnicas. Na prensa excêntrica são feitos alguns furos onde será feita a solda de alguns acessórios (luva de entrada de ar, purgador, niple). A chapa, é abaulada na calandra, formando o tubo. Após a calandragem, são feitos três pingos de solda, para que o tubo fique na forma correta. Por último é feita a solda longitudinal.

5.2.2 Calota

Com a mesma chapa de aço utilizada para fazer o tubo é feita a calota. A chapa é cortada na guilhotina no formato quadrangular. Na prensa excêntrica é feito um furo central onde será soldado a luva esquerda ou direita. Antes de ser cortada é passado óleo para facilitar o corte, é cortada a no formato de uma circunferência, sendo depois prensada na forma semi-elíptica. Antes de fazer a solda da luva, a calota é lavada com detergente pra remover o óleo utilizado anteriormente.

5.2.3 Pé e base do motor

O corte do pé e da base do motor são feitos também na guilhotina, utilizando a mesma chapa da calota e do tubo. A estampagem e a dobra são realizadas na prensa excêntrica.

5.2.4 Soldagem

Após o encaixe das calotas nas extremidades do tubo, é feita a soldagem circunferencial utilizando fluxo. A máquina é representada na Figura 11.



Figura 11: Máquina de solda circunferencial

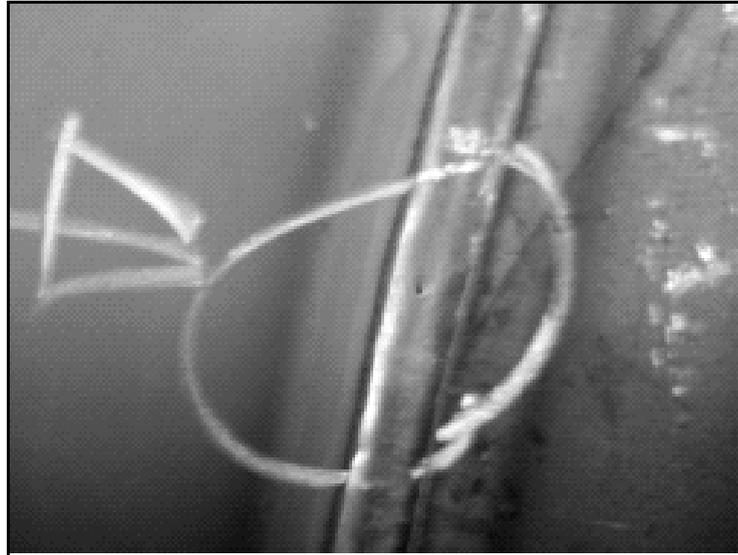
(Fonte: Dantonio)

O reservatório é retirado da máquina de solda de arco submerso, logo em seguida é realizada a solda do pé, base do motor e acessórios.

5.2.5 Teste hidrostático

No teste hidrostático, Figura 13, é testada a qualidade da solda, analisando principalmente se não há furos que comprometam o funcionamento do reservatório de ar. Nos tanques é

introduzida água preparada até uma determinada pressão, estabelecida pela norma ASME, verificando se não há vazamentos nos locais onde há soldas. O local que apresentar vazamento é marcado com giz, como mostrado na Figura 12, a solda é removida e é feito o retrabalho.



**Figura 12: Solda com porosidade
(Fonte: Autora)**

Este teste faz-se necessário porque muitos furos (poros) na solda não são visíveis a olho nu. Os poros causam além do vazamento de ar comprimido, que faz com que o reservatório não trabalhe com a quantidade de ar para qual foi projetada levando ao comprometimento da estrutura física do reservatório fazendo com que leve a ruptura do reservatório. As Figuras 13 e 14, foram tiradas de um acidente com um compressor novo. O reservatório azul foi arremessado para o pátio da empresa, destruiu maquinários e a sala onde era seu local de instalação. Por causa deste problema são testados todos os dos reservatórios de ar produzidos.



**Figura 13 : Sala onde encontrava o compressor
(Fonte: Maniglia Testes)**



Figura 14: Compressor com problemas de solda
(Fonte: Maniglia Testes)

5.3 Coleta de dados

A coleta de dados é considerada o ponto inicial da maioria dos ciclos de soluções de problemas, com isto é importante saber quais os dados que serão relevantes para o estudo do problema.

Como já foi dito anteriormente a empresa em questão utiliza indicadores de qualidade, para verificar quantitativamente a qualidade de seu processo produtivo. Com isto, verificou-se que o índice de retrabalho em soldas no mês de janeiro, fevereiro e março eram acima da meta estabelecida por eles.

A empresa garante a rastreabilidade, com os dados sobre: data do início da solda, data que foi testado o reservatório, qual o operador, quantos tanques foram produzidos e quantos foram retrabalhos. Através destes dados foi analisada a quantidade de reservatórios retrabalhados, obtendo a tabela abaixo.

Tabela 1: Quantidade de retrabalhos

Modelo	Percentagem de Reservatório Retrabalhados
200 LTS	33,33%
130 LTS	16,41%
25 LTS	32,73%
50 LTS	34,48%
175 LTS	25,71%
150 LTS	25,42%
70 LTS	75,00%
25 LTS	58,33%
130 LTS TURBO	50,00%
30 odonto	43,75%
110 LTS	25,00%
250 LTS	64,06%
350 LTS	50,00%
220 LTS	12,50%
175 WIND	12,07%
175 TURBO	16,13%
425 LTS	4,17%
500 LTS	0,00%
Total	28,04%

Para obter a quantidade de tanques retrabalhados foi utilizado a equação abaixo:

$$I_r = \frac{Q_r}{Q_p}, \quad \text{Eq. (1)}$$

onde :

I_r = Índice de retrabalho,

Q_r = Quantidade de reservatórios retrabalhos,

Q_p = Quantidade de reservatórios produzidos.

Obteve então, que o índice de retrabalho no mês de abril foi de 28,04%. Como os reservatórios são produzidos em duas linhas, separou-se os modelos de reservatórios produzidos conforme sua linha, obtendo as tabelas abaixo:

Tabela 2: Quantidade de retrabalhos nos reservatórios de baixa pressão.

Modelos	Percentagem de Reservatório de BP Retrabalhados
200 LTS	33,33%
130 LTS	16,41%
25 LTS	32,73%
50 LTS	34,48%
175 LTS	25,71%
150 LTS	25,42%
70 LTS	75,00%
25 LTS	58,33%
130 LTS TURBO	50,00%
30 odonto	43,75%
110 LTS	25,00%
Total	29,54%

Tabela 3: Quantidade de retrabalhos nos reservatórios de alta pressão.

Modelos	Percentagem de Reservatórios de AP Retrabalhados
250 LTS	64,06%
350 LTS	50,00%
175 WIND	12,07%
175 TURBO	16,13%
425 LTS	4,17%
500 LTS	0,00%
Total	25,00%

Através das tabelas acima, obtive o índice de retrabalho na solda de reservatório de baixa pressão é de 29,54%, já nos de alta pressão é de 25,00%. Com estes valores, notou-se que o problema não estava nos modelos, mais sim em algum componente que afetava as duas linhas de soldagem.

5.4 Análise dos dados coletados

No intuito de verificar qual solda que apresentava porosidade, foi elaborada uma folha de verificação (em anexo), que foi utilizada no teste hidrostático. O operador não anotava a quantidade de reservatório que tinha poros, mais sim, a quantidade solda com poros encontrado no reservatório durante um mês. Nela contém os seguintes elementos estratificados: modelo de reservatórios e solda.

Com base nos dados coletados, foram elaborados os diagramas de Pareto abaixo:

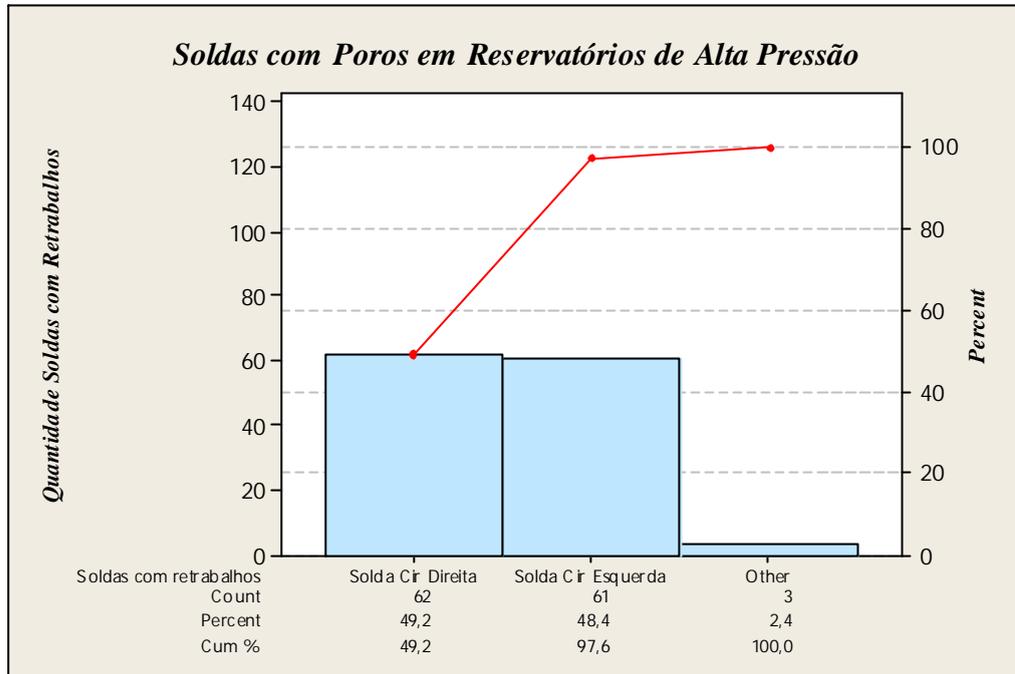


Figura 15: Digrama de Pareto para soldas com poros em reservatórios de alta pressão

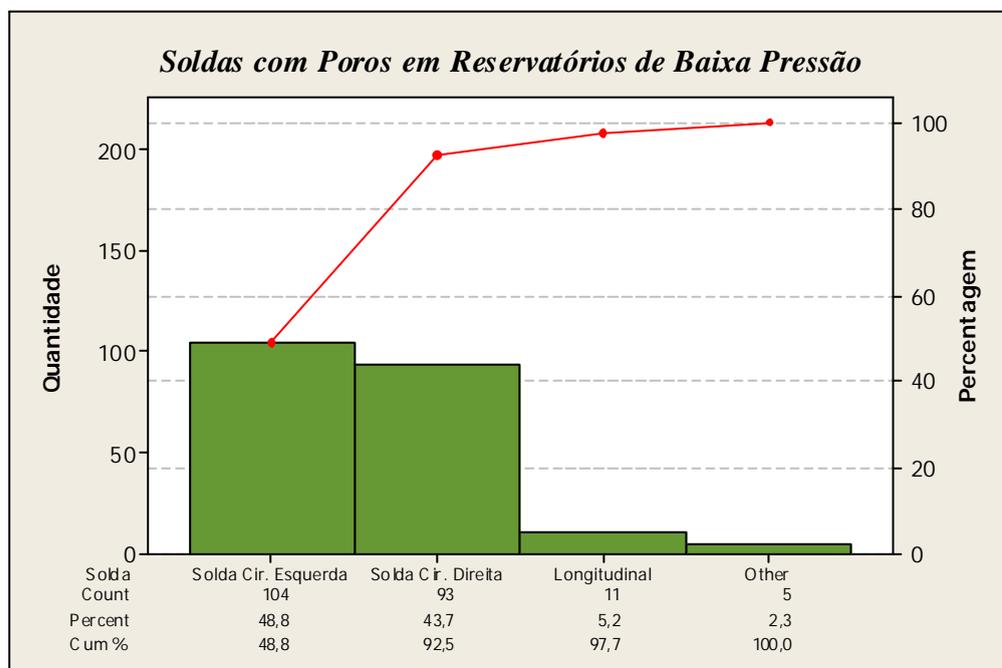


Figura 16: Digrama de Pareto para poros em reservatórios de baixa pressão.

Analisando os diagramas de Pareto, percebeu-se que o ponto de partida seria análise da solda circunferencial tanto nos reservatório de alta pressão como nos de baixa pressão, sendo esta a área de maior ganho.

5.5 Análise das causas do defeito.

Para identificar as principais causas fundamentais deste problema e para determinar as medidas corretivas que deveriam ser tomadas foi elaborado através do “*brainstorming*”, o Diagrama de Causa e Efeito abaixo.

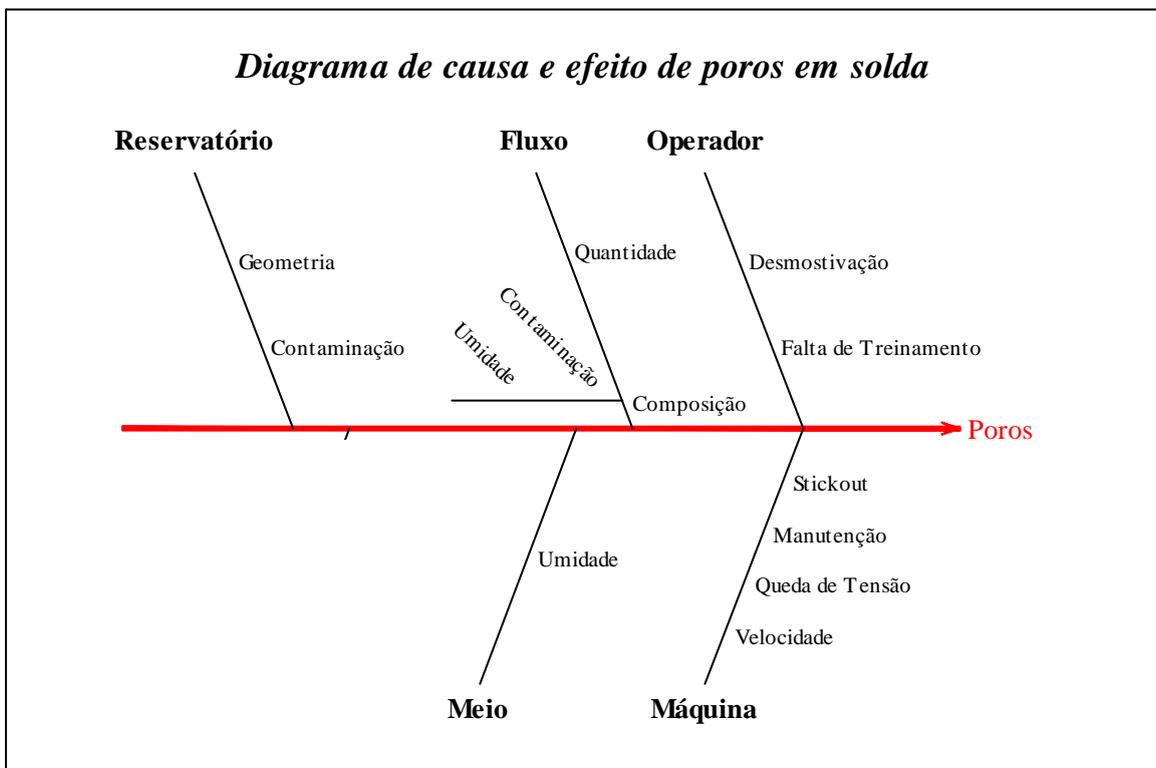


Figura 17: Diagrama de Causa e Efeito para Poros em Soldas

O Diagrama indica que uma grande gama de prováveis causas para o surgimento de poros em soldas circunferências. Algumas destas causas citadas acima foram descartadas. Segundo o grupo as causas consideradas principais foram:

- **queda de tensão:** a tensão determina a taxa de deposição, a profundidade de penetração da poça de solda no metal de base e a quantidade de metal de base fundido.
- **elementos contaminantes no reservatório:** Constatou-se que a limpeza das peças era feita logo depois que as mesmas saíam da prensa, sujas de óleo. A limpeza era feita

utilizando-se água e um detergente. No entanto, as peças que passavam pela etapa de limpeza ainda permaneciam com resíduos de óleo, os quais podem culminar em geração de gases durante

a soldagem e, conseqüentemente, porosidade.

- **umidade:** Para garantir um fluxo isento de umidade durante a soldagem é necessário aquecer o fluxo até uma temperatura recomendada durante um determinado tempo, seguido de uma temperatura de manutenção até o momento do consumível ser utilizado, conforme indica o fabricante do fluxo utilizado para soldagem.

5.6 Sugestões de melhorias

A partir da investigação das causas e dos resultados obtidos, algumas sugestões podem ser feitas, tais como:

- Como a mesma rede é utilizada pela máquina de solda e pela prensa hidráulica é necessário fazer a troca da rede elétrica para haver uma menor variação na corrente elétrica
- Ressecagem e manutenção do fluxo em estufas que tenham controle de temperatura e que possibilitem a ressecagem e a manutenção, conforme específica o fabricante do fluxo.
- Pré-aquecimento da região a ser soldada a uma temperatura mínima de 100°C, de forma a remover qualquer resíduo de umidade e evitar a formação de vapor d'água durante a soldagem, fato gerador de porosidade.
- Limpeza das peças utilizando-se solventes, de forma a eliminar qualquer resíduo de óleo nas peças durante o processo de soldagem, evitando assim a geração de gases (fator também causador de porosidade).
- Alteração da tensão de soldagem, de forma a aumentar o poder de desoxidação na poça de fusão, através de uma maior participação do fluxo na composição da mesma.

5.7 Resultados

Algumas das melhorias acima relacionadas foram implantadas na empresa, conforme visto na Figura 18 houve uma substância melhoria no índice de retrabalho de soldas.

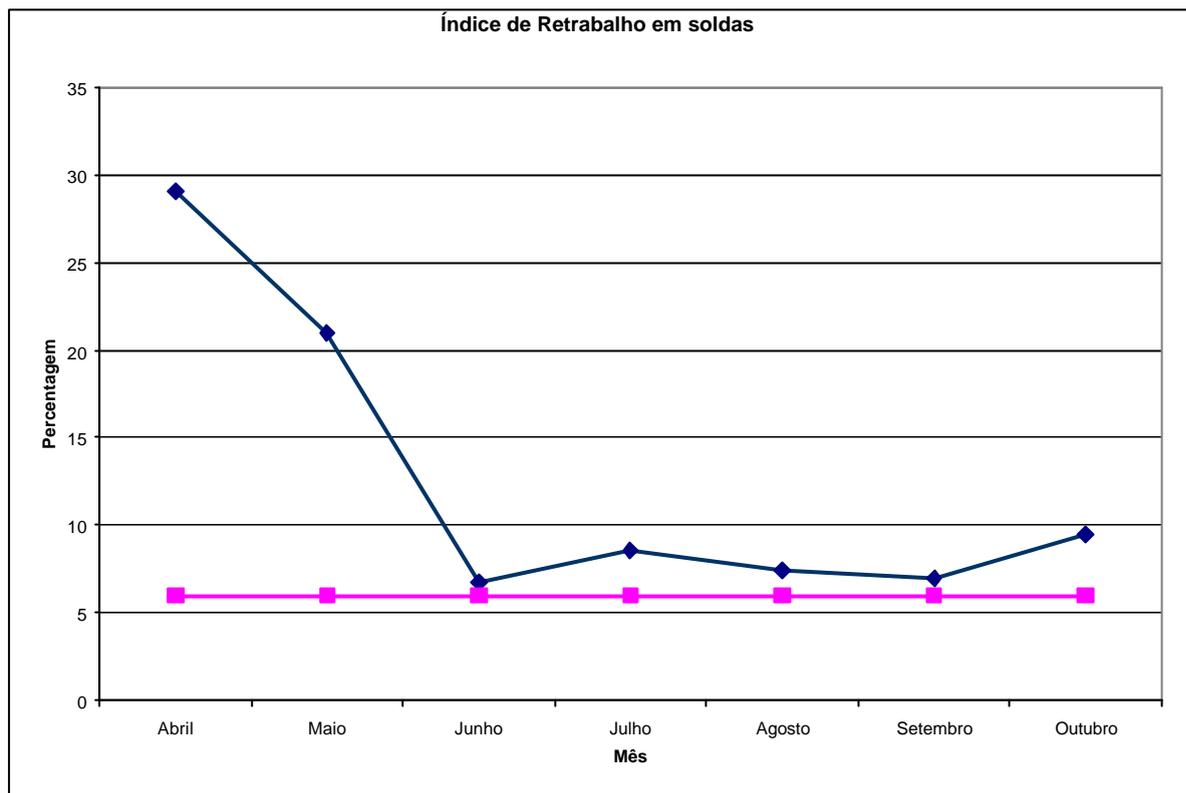


Figura 18: Gráfico de Índice de Retrabalho

No entanto, não houve a compra de uma estufa para secagem do fluxo conforme instrução do fabricante do fluxo, o que faz com que o índice de retrabalho esteja à cima da meta estipulada pela empresa. Ficando claro, que existe uma causa que impede a melhoria da qualidade no processo.

6. CONCLUSÃO

Para realização do objetivo geral proposto, o trabalho foi dividido em duas partes.

Na primeira fase, foi apresentada uma metodologia de aplicação de CEP utilizando o ciclo PDCA em uma indústria metal-mecânica, calçada pelos conceitos teóricos mostrados no capítulo 3.

Esta metodologia auxiliou para que todas as atividades fossem gerenciadas de forma ordenada. No entanto, para aplicação deste modelo foi necessário respeitar as características culturais da empresa e a complexidade do processo produtivo, foi necessário algumas modificações do modelo original sugerido por Campos (1999).

Na segunda fase foi aplicado o modelo, envolveu os quatros últimos objetivos específicos, que foram atingidos dos seguintes modos:

- Foi feita uma análise quantitativa do retrabalho de solda na empresa, através das fichas utilizada pela para rastreabilidade de seu produto.

- Foram utilizadas ferramentas adequadas para aplicação CEP, tais como: folha de verificação, diagrama de Pareto e diagrama de causa e efeito. Todas estas ferramentas auxiliaram para que fosse descoberta a causa maior de retrabalhos e não se prende-se as menores.

- Foram sugeridas algumas mudanças para diminuir o retrabalho. Como visto através de gráfico, quando iniciou este trabalho o retrabalho era de 28,04%. Através das medidas tomadas foi possível reduzir o índice de retrabalho conforme mostrado na Figura 18. Não foi possível alcançar a meta estabelecida, pois a empresa não adquiriu a estufa de secagem.

A apresentação dos dados e a posterior análise dos mesmos já mostraram a necessidade da empresa buscar a contínua melhoria do seu processo produtivo. O que é importante, pois é a demonstração da necessidade de se administrar a Qualidade, principalmente porque representa custos adicionais para a empresa, que faz com que se tenha continuidade em processos de implantação do CEP.

Esta filosofia necessariamente envolve todos aqueles que trabalham nela, no entanto a maior responsabilidade está na alta gerência que precisa ter sempre presente que a melhoria só é possível com dados e estes são conseguidos com as ferramentas certas, tais como estas que foram apresentadas neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, Silvio; 2002. **Integração das ferramentas da qualidade ao ciclo PDCA e ao programa seis sigma**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial.
- BASHA, S.H; 1990. **Controle da qualidade**. São Paulo: McGraw-Hill.
- BERK, Joseph;1997. **Administração da qualidade total: o aperfeiçoamento contínuo: teoria e prática**. São Paulo: IBRASA.
- BORDIGNON, Albanir João; 1998. **Gestão da Qualidade e Gestão de Recursos Humanos: uma parceria inseparável**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gestão de Tecnologia da Qualidade) - Centro de Ensino Superior de Maringá, CESUMAR.
- CAMPOS, Vicente Falconi; 1999. **TQC – controle total da qualidade (no estilo japonês)**. 8. Ed. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial.
- COSTA, Antonio Fernando Branco; EPPRECHT, Eugenio Kahn; CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro; 2004. **Controle estatístico de qualidade**. São Paulo: Atlas.
- DEMING, W. Edwards; 1990. **Qualidade: a revolução da administração**. Rio de Janeiro: Marques-Saraiva.
- FITERMAN, Mauren; et al; 2004. **CEP por atributos: uma abordagem de implantação**. In XXIV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHEIROS DE PRODUÇÃO (14: novembro, 2004: Florianópolis, Santa Catarina). Abepro. 2004. CD-Rom.
- GALUCH, Lucia; 2001. **Modelo para a implantação das ferramentas básicas do controle estatístico do processo - CEP em Pequenas Empresas Manufatureiras**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Estadual de Santa Catarina.
- GARVIN, David; 1992. **Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva**. Rio de Janeiro: Qualitymark.
- <http://geocities.yahoo.com.br/manigliatestes/hidrostatico.htm> consultado na INTERNET em 03 dez. 2005.

<http://www.dantonio.com.br/equip>. consultado na INTERNET em 03 dez. 2005.

<http://www.dep.ensino.eb.br> consultado na INTERNET em 03 dez. 2005.

<http://www.indg.com.br/idg/imagens/pdca.jpg> consultado na INTERNET em 03 dez. 2005.

ISHIKAWA, Kaoru; 1993. **Controle da qualidade total: à maneira japonesa**. 6. Ed. Rio de Janeiro: Campus.

JURAN, J. M; 1992. **Controle da qualidade handbook**: ciclo de produtos do projeto à produção. São Paulo: McGraw-Hill. v. 3

(______); 1993. **Na liderança pela qualidade** – um guia para executivos. São Paulo: Pioneira.

KUME, Hitoshi; 1985. **Métodos estatísticos para melhoria da qualidade**. 3º Ed. São Paulo: Editora Gente.

Manual do ar comprimido. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1976.

OLIVEIRA, Sidney Teylor; 1994. **Ferramentas para o aprimoramento da qualidade**. São Paulo: Pioneira.

PALADINI, Edson Pacheco; 2004. **Gestão da qualidade: teoria e prática**. 2º Ed. São Paulo: Atlas.

RIGGS, James Lear; 1981. **Administração da produção: análise e controle**. São Paulo: Atlas. v.2.

ROLLINS, Jonh P; 2004. **Manual de ar comprimido**. São Paulo: Prentice Hall.

SLACK, Nigel; STUART, Chambers; JOHNSTON, Robert; 2002. **Administração da produção**. 2. Ed. São Paulo: Atlas.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino, 1995. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Werkeman.

BIBLIOGRAFIAS

CHIAVENATO, Idalberto; 1992. **Teoria geral da administração**. São Paulo: MacGraw-Hill.

SCHERKENBACH, Willian W; 1990. **O Caminho de Deming para a produtividade: rotas e mapas**. Rio de Janeiro: Qualitymark.

ANEXOS

