

ELIABE LUIZ INFANTE

APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE EM UMA TREFILARIA
DE ARAMES

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Msc. Bruno Chaves Franco

Guaratinguetá
2011

I431a	<p>Infante, Eliabe Luiz</p> <p>Aplicações das ferramentas da qualidade em uma trefilaria de arames / Eliabe Luiz Infante – Guaratinguetá : [s.n], 2011. 65 f : il. Bibliografia: f. 61</p> <p>Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2011. Orientador: M.e Bruno Chaves Franco</p> <p>1. Trefilação de arame - controle de qualidade I. Título</p> <p>CDU 658.56</p>
-------	--

APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE EM UMA TREFILARIA
DE ARAMES

ELIABE LUIZ INFANTE

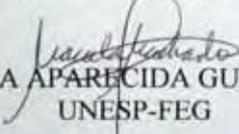
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE **GRADUADO**
EM ENGENHARIA MECÂNICA

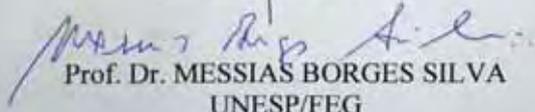
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Dr. Mauro Hugo Mathias
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. MSc. BRUNO CHAVES FRANCO
Orientador/UNESP-FEG


Prof. Dr. MARCELA APARECIDA GUEREIRO MACHADO
UNESP-FEG


Prof. Dr. MESSIAS BORGES SILVA
UNESP/FEG

Guaratinguetá / SP
Dezembro de 2011

de modo especial, primeiramente à minha mãe Elaine Gitte Sargiani e ao meu pai Luiz Carlos Infante que sempre me apoiaram desde o meu primeiro ano de universidade, e que acreditaram em mim, aos meus irmãos Rafael Sargiani Infante e Leiriane Infante, e à minha avó Elvira Gitte Sargiani, pessoas que amo muito e são indispensáveis em minha vida, aos meus tios, tias e primos que desde quando nasci sempre estiveram ao meu lado em todos os momentos de minha vida, e quando ingressei na universidade também não faltou apoio por parte deles, aos meus companheiros da república Sinagoga, à todos os laços de amizade verdadeira que fiz durante a minha graduação, que se tornaram minha segunda família e que estou levando para toda minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a *Deus*, criador e formador dos céus e da terra, que sempre coloquei a frente em todas as situações da minha vida, pela saúde, pela família e por este trabalho,

ao meu professor orientador *Msc. Bruno Chaves Franco* que confiou em mim aceitando ser meu orientador mesmo já orientando diversos trabalhos,

a todos os *professores* que tive aula durante os meus cinco anos de graduação, em especial os professores do departamento de mecânica, produção e energia,

à *Siderúrgica Gerdau* que possibilitou a minha participação em um grupo de melhoria e forneceu todo suporte que precisei para o desenvolvimento do trabalho (apostilas, capacitação),

à minha *mãe, meu pai, meus irmãos, minha avó, tios e tias* que sempre acreditaram em mim desde quando tudo isso ainda era um sonho. Também aos amigos que sempre me apoiaram desde o começo,

ao *Sport Club Corinthians Paulista* pelo pentacampeonato deste ano,

à *banca examinadora* pela disponibilidade e pela dedicação de tempo para a defesa e correção do trabalho.

INFANTE, E. L. **Aplicações das ferramentas da qualidade em uma trefilaria de arames.** 2011. 66 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

RESUMO

No atual ambiente competitivo a busca pela melhoria contínua torna-se um fator preponderante para a manutenção da competitividade das empresas. O presente trabalho tem o objetivo de viabilizar a redução no número de interrupções da produção em uma trefilaria de arames, com a aplicação do método de análise e solução de problemas (MASP) e o emprego de ferramentas da qualidade. No estudo realizado, pôde-se observar que a utilização das ferramentas da qualidade torna-se indispensável quando se trata de gerenciamento de rotina ou melhoria de processo, pois viabilizou a identificação das oportunidades de melhoria, bem como a definição de um plano de ação.

PALAVRAS-CHAVE: MASP, Trefila de Arames, Ferramentas da qualidade.

INFANTE, E. L. **Quality tools application in a wire drawing mill.** 2011. 66 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

ABSTRACT

In today's competitive environment the search for continuous improvement becomes an important factor for maintaining competitiveness. The present work aims to enable the reduction in the number of interruptions of production in a wire drawing mill, with the method of analysis and problem solving (MASP) and the use of quality tools. In this study, it was observed that the use of quality tools is indispensable when it comes to routine management or process improvement because it will enable the identification of improvement opportunities, as well as the definition of an action plan.

KEYWORDS: MASP, Wire drawing mill, Quality tools.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ilustração do surgimento de um novo GSP (Fonte: material interno da usina).	17
Figura 2 - Ferramentas da qualidade (Fonte: Material interno da usina).	18
Figura 3 – Exemplo de diagrama de Pareto. Fonte: adaptado de Aguiar (2006).	24
Figura 4 - Diagrama de causa-e-efeito (HITOSHI KUME, 1993).	25
Figura 5 – Exemplo histograma (VICENTE FALCONI CAMPOS, 1992).	27
Figura 6 - Tipos de Histograma (HITOSHI KUME, 1993).	28
Figura 7 – Exemplo de Gráfico de X– Ocorrência de um Alarme Falso (Fonte: adaptada de COSTA, EPPRECHT E CARPINETTI, 2005, p.29).	30
Figura 8 - Ilustração da abordagem do MASP, causa fundamental identificada e tratada. Fonte: Adaptado de CAMPOS (1992).	31
Figura 9 - Comparação das etapas dos métodos PDCA e MASP. Fonte: Adaptado de CAMPOS (1992).	32
Figura 10 – Fluxograma do material para clientes. Fonte: Material interno da usina.	38
Figura 11 - Fluxograma de produção de arame. Fonte: material interno da área produtiva.	39
Figura 12 – Jato de granalha. Fonte: material interno da área produtiva.	40
Figura 13 - Tanques de decapagem (a dir.: ácido, imersão, jato de água, fosfatos, sabões e estufa). Fonte: material interno da área produtiva.	40
Figura 14 - Lavagem da bobina por jato de água. Fonte: material interno da área produtiva.	41
Figura 15 – a) bobina sendo retirada do banho de sabão reativo. b) acabamento superficial da bobina ensaboada. Fonte: material interno da área produtiva.	42
Figura 16 – Bobina após o processo Shave. Fonte: material interno da área produtiva.	43
Figura 17 – Jogo de Fieira do processo Shave. Fonte: material interno da área produtiva.	43
Figura 18 - Área do Forno, à direita: forno, base carregada e campânula. Fonte: material interno da área produtiva.	44
Figura 19 – a) Trefila contínua. b) Monobloco. Fonte: material interno da área produtiva.	45
Figura 20 – Ilustração dos ângulos de uma fieira. Fonte: material interno da área produtiva.	45
Figura 21 – Arame embalado e liberado para carregamento. Fonte: material interno da área produtiva.	46
Figura 22 - Paradas das trefilas contínuas.	48
Figura 23 - Paradas nas trefilas médias.	48
Figura 24 - Paradas nas trefilas grandes.	49
Figura 25 - Interrupções por Setup e falta de material aguardando antetrabalho. Real e previsto.	50

Figura 26 – Cronograma do GSP.....	50
Figura 27 – Diagrama de Pareto com dados levantados no primeiro semestre de 2011 em porcentagem.	51
Figura 28 - Interrupção de setup (em horas à esquerda e em porcentagem à direita) nas trefilas contínuas estratificado por turno.....	52
Figura 29 - Diagrama de Pareto: estratificação por turno e por mês (por ordem decrescente de horas) para paradas de setup.....	53
Figura 30 – Grafico do tempo de setup do turno A.....	54
Figura 31 - Grafico do tempo de setup do turno B.....	54
Figura 32 - Grafico do tempo de setup do turno C.....	55
Figura 33 - Interrupção devido a falta de material aguardando antetralho (em horas à esquerda e em porcentagem à direita) nas trefilas contínuas estratificado por turno.....	56
Figura 34 - Diagrama de Pareto: estratificação por turno e por mês (por ordem decrescente de horas) para paradas por falta de material aguardando antetralho.....	56
Figura 35 - Diagrama de causa-e-efeito para interrupção por troca de ferramenta e falta de material.	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Abordagens da qualidade. Fonte: adaptado de Garvin (1987).....	14
Quadro 2 – Exemplo de folha de verificação (Fonte: AGUIAR, 2006).....	23
Quadro 3 - Principais tipos de paradas observadas na linha. Dados coletados nos anos de 2009 e 2010.....	47
Quadro 4 - O que, quem e quando (3W) para delegação de funções.....	52
Quadro 5 – Ganho previsto com a melhoria.....	58

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Contextualização do problema.....	15
1.2 Objetivos	15
1.3 Justificativa	16
1.3.1 Grupo de Solução de Problemas	16
1.4 Método de pesquisa	17
1.5 Estrutura do Trabalho.....	19
2 MÉTODOS ESTATÍSTICOS PARA MELHORIA DA QUALIDADE	20
2.1 Coleta de dados.....	21
2.2 Ferramentas da qualidade.....	22
2.2.1 Folha de Verificação.....	22
2.2.3 Diagrama de Causa-e-Efeito.....	24
2.2.4 Histograma.....	26
2.2.5 Diagrama de Dispersão	28
2.2.6 Gráfico de Controle de Shewart.....	29
2.3 O método de análise e solução de problemas	31
2.3.2 Etapa 2: Observação	33
2.3.3 Etapa 3: Análise.....	34
2.3.4 Etapa 4: Plano de ação.....	35
2.3.5 Etapa 5: Ação.....	35
2.3.6 Etapa 6: Verificação.....	36
2.3.7 Etapa 7: Padronização	36
2.3.8 Etapa 8: Conclusão.....	36
3 PESQUISA AÇÃO	38
3.1 Trefilaria de arames.....	39
3.1.1 Etapas do Processo	39
3.2 APLICAÇÃO.....	46
3.2.1 Identificando o problema.....	46
3.2.2 Observação do problema	51
3.2.3 Análise	57
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
4.1 Verificação dos objetivos	59
4.2 Sugestões para trabalhos futuros.....	60

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXO A – FOLHA DE VERIFICAÇÃO PARA PARADAS NAS TREFILAS CONTÍNUAS	63
ANEXO B – FOLHA DE VERIFICAÇÃO PARA PARADAS NAS TREFILAS MÉDIAS ...	64
ANEXO C – FOLHA DE VERIFICAÇÃO PARA PARADAS NAS TREFILAS GRANDES	65

1 INTRODUÇÃO

A competitividade entre mercados globalizados, bem como a inovação e difusão de novas técnicas e métodos aplicados em fábricas de todo mundo, tem alavancado nas últimas décadas uma constante melhoria nas linhas de produção, buscando cada vez mais uma maior flexibilidade, eficiência e eficácia para respostas e atendimento aos seus clientes (CALARGE, 2002).

Para melhor compreender o conceito de Gestão de Qualidade, é necessário olhar um pouco a história, buscando interpretar esse conceito e sua evolução à luz do ambiente produtivo vigente na época. O significado de qualidade para um artesão é diferente do significado para trabalhadores de diversas épocas posteriores.

No caso do artesão, conceitos importantes para a área de qualidade moderna, como o de confiabilidade, conformidade, metrologia, tolerância e especificação, ainda eram embrionários. Além disso, o foco do controle da qualidade era o produto, não o processo, feito via inspeção de todos os produtos pelo artesão (CARVALHO, 2005).

Garvin (1987), após pesquisar várias definições de qualidade coletadas no ambiente corporativo e na literatura, classificou cinco abordagens distintas da qualidade, as quais são: transcendental; baseada no produto; baseada no usuário; baseada na produção; baseada no valor. Cada uma dessas abordagens apresenta aspectos diferentes deste complexo conceito – Qualidade. O Quadro 1 sintetiza a definição da qualidade, sob o prisma de cada uma dessas abordagens.

Quadro 1 - Abordagens da qualidade. Fonte: adaptado de Garvin (1987).

Abordagem	Definição
Transcendental	Qualidade é sinônimo de excelência inata. É absoluta e universalmente reconhecível. Dificuldade: pouca orientação prática.
Baseada no Produto	Qualidade é uma variável precisa e mensurável, oriunda dos atributos do produto. Corolários: melhor qualidade só com maior custo. Dificuldade: nem sempre existe uma correspondência nítida entre os atributos do produto e a qualidade.
Baseada no Usuário	Qualidade é uma variável subjetiva. Produtos de melhor qualidade atendem melhor aos desejos do consumidor. Dificuldade: agregar preferências e distinguir atributos que maximizam a satisfação.
Baseada na Produção	Qualidade é uma variável precisa e mensurável, oriunda do grau de conformidade do planejado com o executado. Esta abordagem dá ênfase a ferramentas estatísticas (Controle do Processo). Ponto fraco: foco na eficiência, não na eficácia.
Baseada no Valor	Abordagem de difícil aplicação, pois mistura dois conceitos distintos: excelência e valor, destacando os trade-off qualidade x preço. Essa abordagem dá ênfase à Engenharia/Análise de Valor-EAV.

O processo de produção é organizado de tal forma a permitir objetivar índices de defeitos baixíssimos a níveis de partes por milhão (ppm). A garantia da qualidade em cada processo de produção é montada de tal forma a não produzir defeitos ou, se produzir, não transferir. O processo é gerenciado utilizando-se o Ciclo PDCA (gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia, o que propicia a melhoria contínua). Além disso, é sistematicamente

praticada a revisão do projeto do processo, de tal forma a melhorá-lo continuamente. Alguns tipos de defeitos em produtos se originam do próprio projeto defeituoso do processo (CAMPOS, 1992).

Segundo Campos (1992), o objetivo de não produzir defeitos é perseguido através da busca da melhoria da capacidade estatística do processo (pela revisão do projeto do processo, análise de processo e gráficos de controle) e prevenção de defeitos pela análise de falhas, utilização das ferramentas da qualidade, manutenção, obediência a padrões e melhoria da habilidade de encontrar problemas e lidar com eles (análise do processo).

As ferramentas da qualidade devem ser empregadas com o objetivo de simplificar o problema de transformar informações em conhecimento (AGUIAR, 2006).

1.1 Contextualização do problema

Na trefilaria de arames, houve diversas reclamações devido a alto índice de interrupções na linha de produção desde 2009, analisado e observado em 2010, e como consequência houve atrasos na entrega ao cliente e elevada perda financeira. Frente a esta situação, foi criado um grupo para otimização da produção, visando eliminar as causas que elevavam o tempo das principais interrupções das trefilas. O grupo é denominado “Grupo de Solução de Problemas” (GSP) e oferece recompensa aos colaboradores participantes, dependendo do retorno financeiro que a empresa tem com a melhoria, como será detalhado na seção 1.2.1.

1.2 Objetivos

O principal objetivo deste trabalho é a aplicação das ferramentas da qualidade para viabilizar a redução das interrupções no processo de fabricação de uma trefilaria de arames.

Tratando-se da melhoria na área produtiva, os objetivos específicos são:

- Identificar principais causas e não conformidades;
- Estudar o que já havia sido feito;
- Visita técnica e opinião dos operadores;
- Reuniões rotineiras para atuar na melhoria;
- Análise dos dados e plano de ação.

1.3 Justificativa

A cobrança para melhoria de processos existentes encontra-se cada vez mais intensa, juntamente com o aperfeiçoamento da rotina e a busca pela perfeição com menor custo de produção encontra-se cada vez mais em pauta nas empresas.

Uma análise comparativa entre um levantamento de dados realizado de Janeiro a Dezembro de 2009 e dados obtidos no primeiro semestre de 2010, foi constatada que as maiores paradas de produção se devem a: equipamento sem programação folga de escala, refeição, falta de Operador, *Setup* de máquina, férias, abastecimento ou aguardando próximo rolo de matéria prima, ponte rolante, feriados, Abastecimento/Aguardando Próximo Rolo, operador deslocado (em outro ponto da área), ausência de operador, manutenção preventiva, limpeza da máquina ou área, manutenção corretiva mecânica, troca de fieira, reunião, testes, rolos embaraçados, e, além disso, alguns problemas críticos de qualidade. Porém é de suma importância relatar que no ano de 2009 o índice de Interrupções não levava em conta a Quebra de Ritmo que foi incorporada em 2010 ao índice provocando uma queda brusca no resultado.

1.3.1 Grupo de Solução de Problemas

É regra da empresa que toda célula ter pelo menos um Grupo de Solução de Problemas (GSP) em andamento.

Os GSP's têm como principais objetivos:

- Promover melhorias nos resultados e contribuir para o atendimento das metas;
- Estimular o trabalho em equipe, a iniciativa e a participação de todos;
- Promover o uso de metodologia de solução de problemas;
- Promover o comprometimento de todos frente às metas da empresa;
- Promover o desenvolvimento pessoal;
- Reconhecer e remunerar as contribuições diferenciadas das equipes.

Os GSP's devem conter de 3 a 7 participantes sendo que todo colaborador da empresa está apto a participar. Todos devem seguir a metodologia MASP (Método de Análise e Solução de Problemas) contendo oito etapas e monitoradas por um software de apoio. A Figura 1 ilustra o surgimento de um novo GSP em uma célula de produção.



Figura 1 – Ilustração do surgimento de um novo GSP (Fonte: material interno da usina).

1.4 Método de pesquisa

Este trabalho trata-se de uma Pesquisa-Ação, com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e na qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo (THIOLLENT, 1997).

A construção do MASP como método destinado a solucionar problemas dentro das organizações passou pela idealização de um conceito, o ciclo PDCA, para incorporar um conjunto de ideias inter-relacionadas que envolvem a tomada de decisões, a formulação e comprovação de hipóteses, a objetivação da análise dos fenômenos, dentre outros, o que lhe confere um caráter sistêmico (JEREMIAS, 2002).

Com isto, é comum as empresas adotarem um processo de gestão da rotina (SDCA) para manter a melhoria já conquistada anteriormente juntamente com um processo de melhoria contínua (PDCA). Também é comum às empresas utilizar a metodologia MASP à busca de soluções para problemas específicos com o objetivo de eliminar as causas pelas raízes e a utilização das sete ferramentas da qualidade para auxílio na melhoria (Figura 2).



Figura 2 - Ferramentas da qualidade (Fonte: Material interno da usina).

A metodologia MASP será utilizada para condução do estudo, com reuniões periódicas para identificação de oportunidade de melhoria, através da ferramenta brainstorming, além do levantamento de não conformidades na produção bem como as ferramentas da qualidade para auxílio na análise dos dados.

Também serão utilizadas ferramentas da produção enxuta, da qualidade, como por exemplo, o diagrama de causa-efeito, balanceamento de linha de produção, bem como conceitos de lead time de produção, *takt time*, qualidade do produto, dentre outros.

Slack et al. (1999) afirmam que, genericamente, as limitações às quais as atividades de planejamento e controle da produção estão sujeitas dizem respeito à:

- **Custo:** os produtos e serviços devem ser produzidos respeitando custos pré-determinados.
- **Capacidade:** os limites de capacidade projetados para a operação não podem ser excedidos.
- **Tempo:** o sequenciamento deve respeitar um intervalo de tempo, no qual os produtos ainda representam valor para o cliente.
- **Qualidade:** os produtos e serviços devem ter conformidade com os limites de tolerância projetados.

Estas limitações fazem com que a atividade de programação da produção seja uma das mais complexas no gerenciamento de produção, já que existem diferentes maneiras de realizar o sequenciamento. Assim, para uma situação simples, onde é preciso processar 5 produtos na mesma máquina, tem-se 120 possíveis programações. O programador deve escolher a melhor

sequência considerando a otimização de determinada restrição do processo; por exemplo, o número de setups ou a taxa de utilização dos equipamentos.

MacCarthy e Fernandes (2005) entendem que a complexidade e detalhamento de um sistema de PCP dependem de diversas variáveis do sistema de produção, entre elas os tipos de layout. O arranjo físico, ou layout, de uma operação produtiva preocupa-se com a localização física dos recursos de transformação (SLACK et al., 1999). Segundo Ritzman e Krajewski (2004), existem quatro tipos básicos de arranjo físico: de processo, de produto, híbrido e de posição fixa.

1.5 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho é dividido em três capítulos, além deste introdutório.

No Capítulo 2 é realizada uma revisão bibliográfica a respeito dos métodos estatísticos para melhoria da qualidade, abordando os conceitos das ferramentas da qualidade e o passo a passo do MASP, comparados ao método PDCA.

A pesquisa ação é apresentada no Capítulo 3, com levantamento dos dados e aplicações do MASP relacionado às ferramentas da qualidade. O Capítulo 4 é destinado às considerações finais, sugestão para trabalho futuros.

2 MÉTODOS ESTATÍSTICOS PARA MELHORIA DA QUALIDADE

Embora as causas das variações da qualidade sejam incontáveis, nem toda causa afeta a qualidade com a mesma intensidade. Algumas delas, realmente, afetam muito a qualidade, enquanto outras, embora consideradas muito importantes na teoria, afetam muito pouco a variação da qualidade quando devidamente controladas. As incontáveis causas que são concebíveis podem ser classificadas em dois grupos; o primeiro deles é constituído de uma quantidade pequena de causas que, no entanto, provocam grande efeito (as poucas vitais) e um segundo que é composto de muitas causas que provocam somente efeitos de menor intensidade (as muitas triviais). Geralmente, não são muitos os fatores que realmente causam defeitos. Este fato é chamado de *Princípio de Pareto* porque se aplica a muitos exemplos (KUME, 1993).

Segundo Carvalho e Paladini (2005) o procedimento para se determinar as causas de defeitos, dentre muitos outros fatores, é chamado de *diagnóstico do processo*. Se o principal objetivo é reduzir a quantidade de produtos defeituosos, a primeira ação necessária é realizar um diagnóstico correto para identificar quais são as verdadeiras causas dos defeitos. Se isto não for realizado corretamente, os produtos defeituosos não poderão ser reduzidos.

Dados são um guia para todas as ações. A partir de dados aprendem-se os fatos pertinentes, e tomam-se providências apropriadas baseadas em tais fatos. Antes de coletar dados, é importante definir o que se pretende fazer com eles (KUME, 1993).

Características importantes do produto ou do processo devem ser definidas concretamente e mensuradas como tamanho, peso, índice de desempenho ou contadas como números de defeitos numa peça ou operação, ou mesmo o número de peças defeituosas. A ideia principal do Controle Estatístico do Processo (CEP) é que melhores processos de produção com menos variabilidade propiciam níveis melhores de qualidade nos resultados da produção. E, surpreendentemente, quando se fala em melhores processos isso significa não somente qualidade melhor, mas também custos menores (CARVALHO & PALADINI, 2005).

A ideia de controlar um processo é totalmente diferente da ideia de inspecionar peças para identificar as não conformidades, embora os dois procedimentos utilizem em parte as mesmas ferramentas estatísticas.

Segundo Carvalho e Paladini (2005), os métodos estatísticos proporcionam um meio muito eficaz para o desenvolvimento de novas tecnologias e controle da qualidade em processos de manufatura. Muitos fabricantes de vanguarda vêm lutando pelo uso ativo dos métodos estatísticos, e alguns deles gastam mais de 100 horas anuais em educação, dentro da

empresa, neste assunto. Embora o conhecimento de métodos estatísticos esteja tornando-se parte dos instrumentos normais de um engenheiro, o fato de alguém conhecer métodos estatísticos não leva, imediatamente, à capacidade de aplica-los. A habilidade em tratar problemas com base no ponto de vista estatístico é mais importante do que os próprios métodos.

2.1 Coleta de dados

Dados são um guia para as ações. A partir de dados aprendem-se os fatos pertinentes, e tomam-se providências apropriadas baseadas em tais fatos. Antes de coletar os dados, é importante definir o que se pretende fazer com eles (KUME, 1993).

No controle de qualidade, os objetivos da coleta de dados são:

- Controle e acompanhamento do processo de produção,
- Análise de não conformidades, e
- Inspeção.

Segundo Kume (1993), uma vez definido o objetivo da coleta de dados, os tipos de comparações a serem realizadas também são determinados, e isto, por sua vez, identifica o tipo dos dados que devem ser coletados. Por exemplo, suponha que haja um problema envolvendo variação numa característica da qualidade de um produto. Se for coletado apenas um dado por dia, é impossível determinar a variação que ocorre ao longo de um dia. Ou, caso se deseje descobrir de que maneira são produzidos produtos defeituosos por dois operários, é necessário colher seus dados em separado para que seja possível analisar o desempenho de cada operário. Se a comparação de um em relação ao outro revela uma clara diferença, a ação corretiva que elimina a diferença entre os operários irá também reduzir a variação do processo. Este modo de dividir um grupo de diversos subgrupos com base em certos fatores é chamado de *estratificação*. A estratificação é muito importante. É necessário tornar habitual a aplicação da estratificação, no seu raciocínio, em todos os tipos de situações.

Então, suponha que se queira saber a relação entre a quantidade de um componente e a dureza do produto. Num caso como este, em que se deseja saber se há uma relação entre os valores de duas características, os dados precisam estar disponíveis em pares. Se os dados forem coletados em pares, eles poderão ser analisados através do uso de um diagrama de dispersão, que será abordado mais adiante (KUME, 1993).

Ainda segundo Kume (1993), outro ponto importante é ter a certeza de que as medições são confiáveis. Mesmo que as amostras tenham sido coletadas apropriadamente, será feito um julgamento errado se a própria medição não for confiável. Por exemplo, inspeções realizadas por certo inspetor apontaram uma fração defeituosa muito diferente da dos demais inspetores, e um cuidadoso exame posterior revelou que o equipamento de medição era inadequado. No caso de uma inspeção sensorial, como a inspeção visual, diferenças devidas aos próprios inspetores são muito comuns. Este fato precisa ser levado em consideração quando da coleta e análise de dados.

2.2 Ferramentas da qualidade

Métodos estatísticos são usados para análise de dados, de modo que eles se tornem uma fonte de informação. Ao coletar dados, é importante dispô-los de forma clara para facilitar o posterior tratamento. Em primeiro lugar, a sua origem precisa ser claramente registrada. Dados cuja origem não seja claramente conhecida, tornam-se inúteis. Com frequência, são obtidas poucas informações úteis, apesar de gastar-se uma semana na coleta de dados sobre características da qualidade, porque as pessoas se esquecem de anotar em que dias da semana eles foram coletados, quais foram as máquinas que executaram o processo, quais foram os operários, quais lotes de materiais foram envolvidos e assim por diante. Os dados precisam ser registrados de tal modo que possam ser facilmente utilizados. Como são frequentemente usados mais tarde, para calcular estatísticas, é melhor que sejam anotados numa maneira que facilite esses cálculos. Se a intenção é coletar dados de forma contínua, deve ser providenciada, de antemão, uma quantidade de folhas de registro padronizadas (KUME, 1993).

2.2.1 Folha de Verificação

Na necessidade de coletar dados, é essencial esclarecer sua finalidade e ter valores que reflitam claramente os fatos.

Uma folha de verificação é um formulário de papel no qual os itens a serem verificados já estão impressos, de modo que os dados possam ser coletados de forma fácil e concisa (KUME, 1993).

Segundo Kume (1993), suas principais finalidades são:

- Facilitar a coleta de dados;

- Organizar os dados simultaneamente à coleta, para que possam ser facilmente usados mais tarde.

A coleta e registro dos dados parecem ser fáceis, mas na realidade não são. Usualmente, quanto mais pessoas processam dados, maior é a possibilidade do aparecimento de erros de escrita. Por esta razão, a folha de verificação – na qual os dados podem ser registrados através de marcas ou símbolos simples, e imediatamente organizados sem necessidade de rearranjo manual posterior – torna-se uma poderosa ferramenta de registro. No Quadro 2, é apresentado um exemplo de folhas de verificação.

Quadro 2 – Exemplo de folha de verificação (Fonte: AGUIAR, 2006).

Mês	Produto Fabricado	Reclamações Correspondente	Proporção de Reclamações
Janeiro	10010	150	1,499%
Fevereiro	11100	210	1,890%
Março	13200	60	0,450%
Abril	9250	20	0,210%
Maior	11210	280	2,497%

Segundo Aguiar (2006), esta ferramenta tem como objetivo organizar, simplificar e aperfeiçoar a forma de registro das informações obtidas por um procedimento de coleta de dados. A ferramenta é utilizada para auxiliar na coleta de informações de características relacionadas com a meta a ser avaliada, de modo a obter dados que subsidiem a tomada de decisão.

2.2.2 Análise de Pareto

Os problemas da qualidade aparecem sob a forma de perdas (itens defeituosos, paradas não programadas, etc.). É extremamente importante esclarecer a forma de distribuição das perdas. A maioria delas se deve a alguns poucos tipos de defeitos, que podem ser atribuídos a uma pequena quantidade de causas. Assim, se as causas desses poucos defeitos vitais forem identificadas, poderemos eliminar quase todas as perdas concentrando-nos sobre estas causas principais, deixando de lado, em primeiro instante, os outros defeitos que são muitos e triviais. Este tipo de problema pode ser resolvido pela utilização do diagrama de Pareto (KUME, 1993).

Para construção de um diagrama de Pareto (Figura 3) é necessário estar bem decidido que tipo de problema se quer investigar, quais dados são necessários e como classificá-los, e determinar o método da coleta de dados.

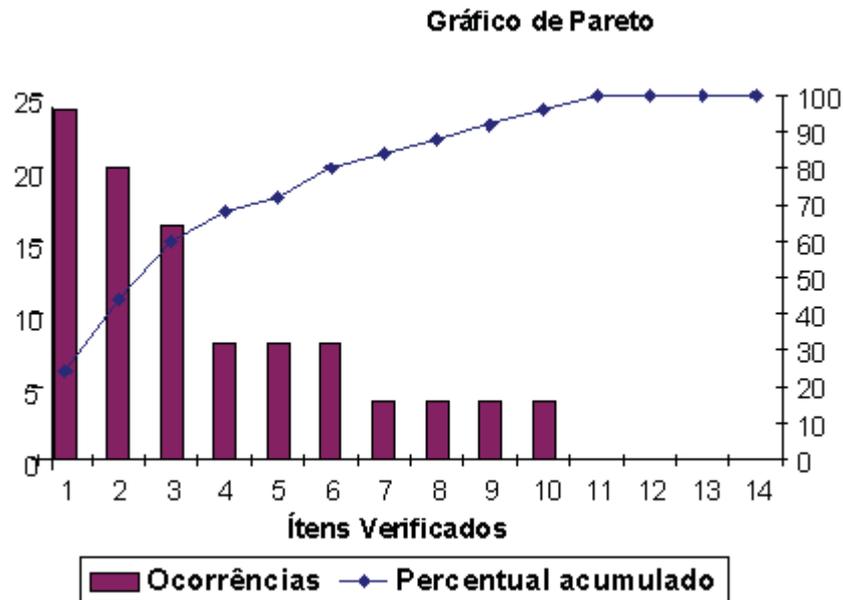


Figura 3 – Exemplo de diagrama de Pareto. Fonte: adaptado de Aguiar (2006).

Segundo Campos (1992), o método de análise de Pareto permite:

1. Dividir um problema grande num grande número de problemas menores que são mais fáceis de serem resolvidos;
2. Priorizar projetos;
3. Estabelecer metas concretas e atingíveis.

Segundo Kume (1993), na coleta de dados é inaceitável o item ‘outros’ possuir uma percentagem muito alta, pois se isto ocorrer significa que os itens analisados não estão classificados apropriadamente e muitos acabam se enquadrando sob este título. Neste caso, a classificação deve ser feita de modo diferente.

2.2.3 Diagrama de Causa-e-Efeito

Segundo Kume (1993), a saída ou resultado de um processo pode ser atribuído a uma grande quantidade de fatores, e uma relação de causa-e-efeito pode ser encontrada entre esses fatores. Pode-se determinar a estrutura ou uma relação de causa-e-efeito múltipla observando o processo sistematicamente. É difícil resolver problemas complicados sem considerar estra

estrutura, a qual consiste em uma cadeia de causas e efeitos, e um diagrama de causa-e-efeito é um método simples e fácil de representa-la.

Construir um diagrama de causa-e-efeito não é tarefa fácil. As pessoas que têm sucesso na solução de problemas de controle da qualidade são aquelas bem sucedidas na construção de diagramas de causa-e-efeito úteis. É válido comentar que existem muitas maneiras de se construir um diagrama (KUME, 1993).

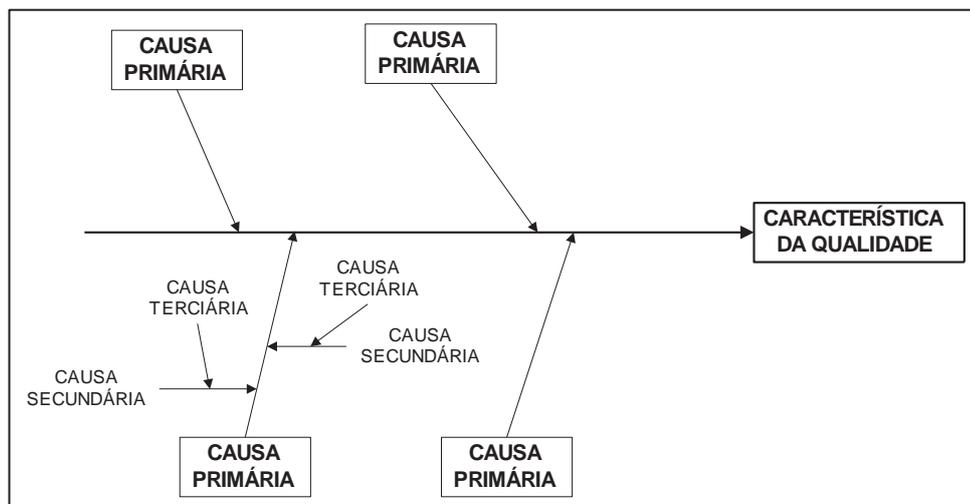


Figura 4 - Diagrama de causa-e-efeito (HITOSHI KUME, 1993).

Este tipo de diagrama também é conhecido como “diagrama de espinha de peixe” por se parecer com o esqueleto de um peixe (conforme se pode observar na Figura 4).

Para construção de um diagrama de causa-e-efeito é importante identificar todos os fatores relevantes através da investigação e discussão com muitas pessoas.

Ainda segundo Kume (1993), os fatores que influenciam mais fortemente a característica da qualidade devem ser determinados a partir daqueles listados no diagrama. Se um fator for omitido no estágio inicial da discussão, antes que o diagrama seja construído, ele não aparecerá num estágio posterior. Portanto, a discussão com todas as pessoas envolvidas é indispensável para a preparação de um diagrama completo que não tenha omissões. Também é importante que as características sejam expressas da forma mais concreta possível. Uma característica expressa em termos abstratos irá apenas resultar num diagrama de causa-e-efeito baseado em generalidades. Mas ainda que tal diagrama não contenha erros básicos sob o ponto de vista das relações de causa e efeito, ele não será muito útil para resolver problemas reais. Elaborar diversos diagramas de causa-e-efeito para diversas características também é um fator importante. A tentativa de incluir tudo num único diagrama irá resultar num

diagrama impossível de lidar por ser grande e complicado, tornando a solução do problema muito difícil. Sempre se deve tomar o cuidado de escolher características mensuráveis. Quando for impossível medi-los, deve-se tentar torná-los mensuráveis ou encontrar características alternativas.

Para que a melhoria seja alcançada, as causas precisam ser detalhadas até o nível em que possam ser atacadas, caso contrário, a sua identificação terá sido um exercício sem sentido. O diagrama de causa-e-efeito é utilizado para fornecer o relacionamento entre o problema a ser tratado e suas causas. Esta ferramenta tem como o objetivo de dispor, mapear, e quantificar o processo gerador de falhas em um sistema a partir de uma falha topo – da falha para a causa da falha. A disposição do processo gerador das falhas é usualmente feita por meio de uma árvore de falhas (AGUIAR, 2006).

2.2.4 Histograma

Se fosse possível coletar dados de um processo no qual todos os fatores (homem, máquina, matéria prima, método, etc.) fossem perfeitamente constantes, todos os dados teriam o mesmo valor. Entretanto, na realidade, é impossível manter todos os fatores constantes todo tempo. A rigor, mesmo alguns fatores que julgamos sejam constantes, não são perfeitamente constantes. É inevitável que os valores de certo conjunto de dados apresentem alguma variação. Os valores não são sempre os mesmos, mas isto não significa que sejam determinados de maneira desordenada. Embora os valores estejam sempre mudando, eles são regidos por certa regra e, nesta situação podemos dizer que seguem certa distribuição (KUME, 1993).

Dados obtidos de uma amostra servem como base para uma decisão sobre a população. Quanto maior o tamanho da amostra, mais informação obtemos sobre a população. Porém, um aumento do tamanho da amostra também implica um aumento da quantidade de dados, e isso torna difícil compreender a população a partir destes, mesmo quando estão organizados em tabelas. Em tal caso, precisamos de um método quando estão organizados em tabelas. Em tal caso, precisa-se de um método que nos possibilite conhecer a população numa rápida análise. Um histograma atende às nossas necessidades. Por meio da organização de muitos dados num histograma (Figura 5), pode-se conhecer a população de maneira objetiva.

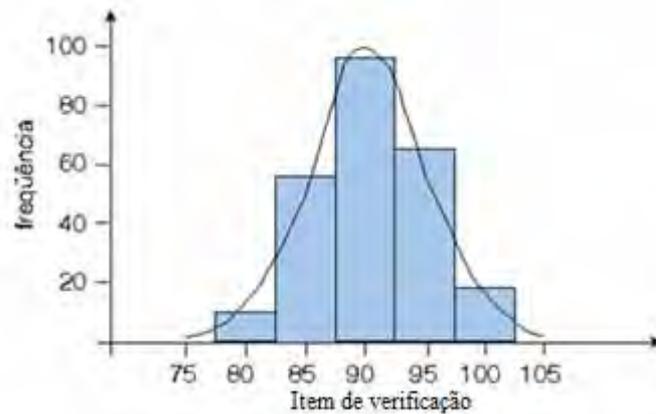


Figura 5 – Exemplo histograma (VICENTE FALCONI CAMPOS, 1992).

O intervalo de classes é determinado de forma que a amplitude, que compreende o maior e o menor dos valores, seja dividida em intervalos de mesmo tamanho. É importante que se obtenha de cinco a vinte intervalos de classe de tamanho igual. Quando houver duas possibilidades, use o tamanho de intervalo menor se o número de valores observados for maior ou igual a 100, e o tamanho de intervalo maior se houver 99 ou menos valores observados.

O próximo passo é preparar o formulário da tabela de frequência, no qual possam ser registrados as classes, o ponto médio, as marcas de frequência, etc. É importante determinar o limite das classes (intervalos), de forma que englobem o menor e o maior dos valores registrados, e anote-os na tabela de frequência.

É possível obter informações úteis sobre a população pela análise da forma do histograma. As seguintes formas são típicas, e pode-se utilizá-las como modelos para a análise de um processo.

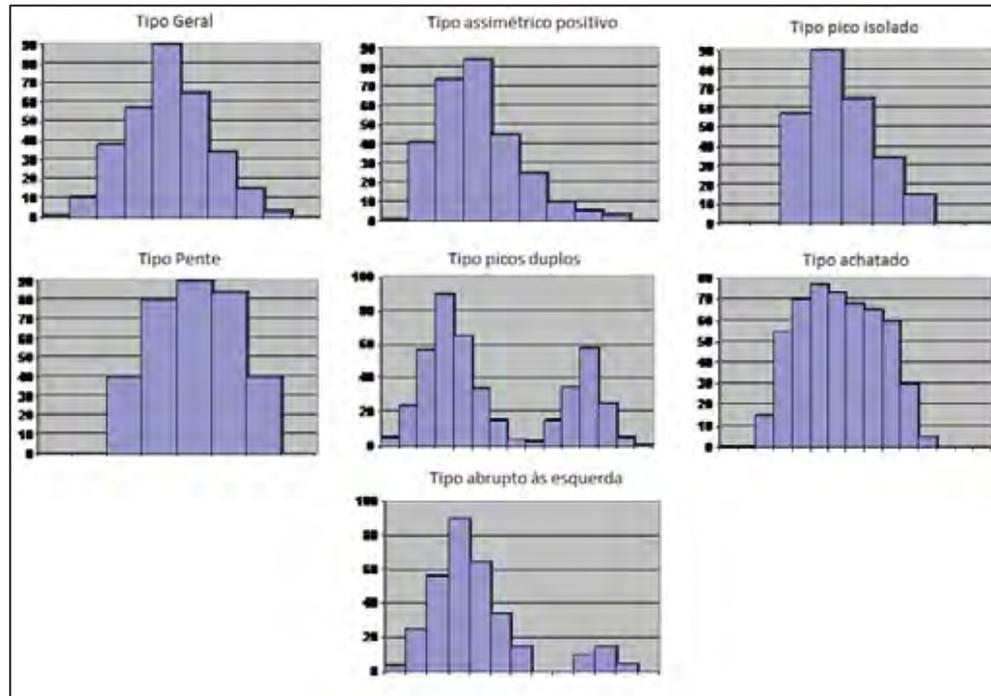


Figura 6 - Tipos de Histograma (HITOSHI KUME, 1993).

A Figura 6 nos mostra sete tipos de forma que um histograma pode adquirir de acordo com os dados obtidos. Através do formato de um histograma podem-se extrair diversas conclusões sobre determinado fator (KUME, 1993).

2.2.5 Diagrama de Dispersão

De acordo com Kume (1993) na prática, é muitas vezes essencial estudar a relação entre duas variáveis associadas. Por exemplo, em que grau a dimensão de uma peça de máquina irá variar em função da mudança da velocidade de um torno.

Para estudar a relação entre duas variáveis, tais como a velocidade do torno e uma dimensão de uma peça, ou concentração e peso específico, usa-se o diagrama de dispersão.

As duas variáveis com as quais pode-se lidar, são:

- Uma característica da qualidade e um fator que afeta;
- Duas características da qualidade que se relacionam, ou
- Dois fatores que se relacionam com uma mesma característica da qualidade.

Para o entendimento da relação entre duas variáveis, é construído o diagrama de dispersão para se observar o comportamento dos dados coletados.

Para construção de um diagrama de dispersão, é importante que se colete os dados em pares (x, y) entre os quais se deseja estudar as relações, e organiza-los em uma tabela. É desejável ao menos 30 pares de dados. O próximo passo é encontrar os valores máximos e mínimos tanto para a variável 'x' quanto para a variável 'y'. Para plotar o gráfico, defina as escalas dos eixos horizontal e vertical de forma que ambos os comprimentos sejam aproximadamente iguais. Deste modo, o diagrama ficará mais fácil de ser interpretado. Quando duas variáveis consistirem em um fator e uma característica da qualidade, usa-se o eixo horizontal para o fator e o vertical para a característica da qualidade. Há diversas formas de interpretação de acordo com o formato do gráfico, tal como técnicas para cálculo de coeficiente de correlação, análise de regressão, etc (KUME, 1993).

2.2.6 Gráfico de Controle de Shewart

Se um produto deve corresponder às exigências do cliente, deve, em geral, ser produzido por um processo que seja estável ou replicável. Mais precisamente, o processo deve ser capaz de operar com pequena variabilidade em torno das dimensões-alvo ou nominais do produto. O controle estatístico do processo (CEP) é uma poderosa coleção de ferramentas de resolução de problemas útil na obtenção da estabilidade do processo e na melhoria da capacidade através da redução da variabilidade. Dessas ferramentas, o gráfico de controle de Shewhart é, provavelmente, o mais sofisticado tecnicamente (MONTGOMERY, 2004).

Segundo Costa et al (2009), a principal ferramenta utilizada para monitorar os processos e sinalizar a presença de causas especiais são os gráficos de controle. Os gráficos de controle da média e da amplitude (X e R) servem para monitorar processos cuja característica de qualidade de interesse (X) é uma grandeza mensurável. O monitoramento é realizado através de uma análise periódica das amostras.

Em termos gerais, o gráfico de controle de Shewhart é utilizado na detecção de alterações inusitadas de uma ou mais características do produto. Em outras palavras, é uma ferramenta estatística que alerta para a presença de causas especiais nas grandes linhas de produção. O paradigma tradicional é o processo industrial analisado ao longo do tempo (séries temporais), mas hoje a ferramenta já se espalhou para processos administrativos e de serviços, e para dados classificados como seções cruzadas (CARVALHO & PALADINI, 2005).

Segundo Costa et al (2009) durante o monitoramento de processos surgem os riscos estatísticos. Quando o processo está em controle, tem-se o risco (probabilidade) de erroneamente se considerar o processo fora de controle (“alarme falso”).

A suposição mais importante relativa aos gráficos de controle é a de independência das observações, porque os gráficos de controle convencionais não funcionam bem se a característica da qualidade apresenta níveis, ainda que baixos, de correlação ao longo do tempo. Especificamente, esses gráficos de controle darão resultados enganosos sob a forma de demasiados alarmes falsos se os dados são auto correlacionados (MONTGOMERY, 2004).

Segundo Kume (1993) existem várias causas de variações em um processo. A qualidade de um produto fabricado está inevitavelmente sujeita a variações. As causas podem ser classificadas como:

- Causa Aleatória: É inevitável, e, fatalmente, ocorre num processo, mesmo que a operação seja executada com padronização (rotina).
- Causa Assinalável: Neste tipo de causa, fatores relevantes existem e precisam ser investigados. É evitável e não deve ser negligenciada: existem casos gerados pelo não cumprimento de certos padrões ou pela aplicação de padrões inadequados.

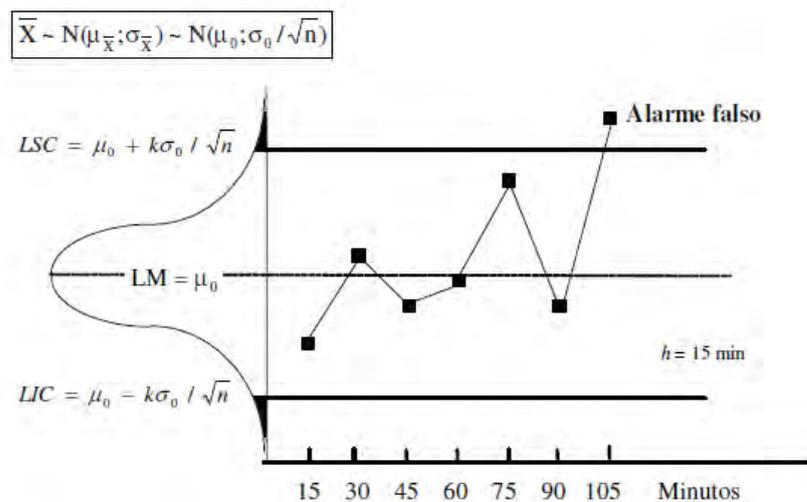


Figura 7 – Exemplo de Gráfico de \bar{X} – Ocorrência de um Alarme Falso (Fonte: adaptada de COSTA, EPPRECHT E CARPINETTI, 2005, p.29).

Segundo Costa et al (2009), para um gráfico de controle Shewhart (Figura 7), os limites de controle com três desvios-padrão de afastamento em relação à linha média (“limites de 3 sigma”) foram propostos por Shewhart, que se baseou no seguinte lema: “se o processo estiver em controle, evite ajustes desnecessários, que só tendem a aumentar sua variabilidade.

2.3 O método de análise e solução de problemas

O método de análise e solução de problemas (MASP, denominação dada ao Brasil do método ‘*QC Story*’, método de solução de problemas de origem japonesa) é um procedimento para solução de problemas. De acordo com esta metodologia, tem-se a seguinte definição de problema: “Um problema é o resultado indesejável de um trabalho”.

Segundo Falconi (1992) a análise de processo (conhecimento do processo através de fatos e dados) deve ser praticada por todas as pessoas da empresa e é uma das atividades mais importantes do TQC. Do Presidente da empresa, nas suas tomadas de decisão, aos operários, nos círculos de controle da qualidade, todos devem utilizar este método (“*QC Story*”). Solucionar um problema é melhorar o resultado ruim até um nível razoável, ou então superar as melhores práticas existentes, ou seja, tornar-se o “benchmark”, referência em determinado processo.

As causas do problema são investigadas levando-se em consideração os fatos e a relação de causa e efeito é analisada com bastante precisão (Figura 8). Decisões sem fundamento baseado na imaginação ou em teorias de gabinete devem ser totalmente evitadas, pois tentativas de resolver problemas baseando-se nesse tipo de decisão leva a direções erradas causando fracasso ou atraso na melhoria.

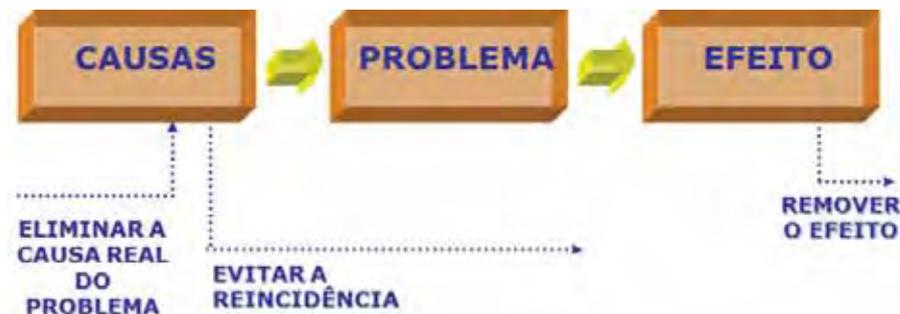


Figura 8 - Ilustração da abordagem do MASP, causa fundamental identificada e tratada. Fonte: Adaptado de CAMPOS (1992).

O ataque ao problema deve ser planejado e implantado de maneira que impeça o reaparecimento dos fatores causadores do problema. Este procedimento forma uma espécie de “enredo” onde, quando concluído, se pode observar detalhadamente o passo a passo de como um problema foi resolvido (por isso é chamado de *QC Story* no Japão).

O MASP, desde a identificação do problema até sua padronização como rotina e conclusão, possui oito passos:

1. Identificação do problema
2. Observação
3. Análise
4. Plano de ação
5. Ação
6. Verificação
7. Padronização
8. Conclusão

Estas oito etapas, executadas nesta ordem, nos levam à melhoria de um processo (solução de um problema) seguindo uma consistência lógica (CAMPOS, 1992).

Estas etapas são divididas comparativamente com o conceito do método PDCA (*Plan Do Check and Act*), onde as quatro primeiras etapas do MASP se encaixam na etapa ‘*plan*’ do PDCA, a etapa 5 (Ação) é compreendida dentro da etapa ‘*do*’, a etapa 6 (Verificação) corresponde à etapa ‘*check*’ e as etapas 7 e 8 se enquadram na etapa ‘*act*’. A Figura 9 ilustra esta comparação.



Figura 9 - Comparação das etapas dos métodos PDCA e MASP. Fonte: Adaptado de CAMPOS (1992).

Para promover as melhorias incrementais de forma eficiente, é necessário que se faça um bom planejamento. Por essa razão, a etapa de planejamento do PDCA de Melhorias, em que estabelecem as metas e se determina os meios para alcançá-las, é decomposta em fases com o objetivo de facilitar o detalhamento das ações que devem ser realizadas (AGUIAR, 2006).

2.3.1 Etapa 1: Identificação do problema

É nesta etapa que se definirá claramente o problema em questão. Deve-se mostrar todo o passado do problema e como a situação chegou a este ponto. É importante expressar em termos concretos somente os resultados indesejáveis de baixo desempenho, demonstrar qual a perda de desempenho nas condições atuais e quanto precisa ser melhorado (CAMPOS, 1992).

A próxima etapa é fixar um tema e um objetivo, com subtemas se necessário. Também se deve designar de forma oficial uma pessoa para encarregar-se do problema. Quando o encargo for executado por um grupo, designar os membros e o líder.

As últimas tarefas dentro da etapa um consistem em apresentar um orçamento estimado para a melhoria e realizar um cronograma. Segundo Aguiar (2006) a resposta à perguntas como “vale a pena investir?” é sempre dada com base em retornos financeiros, mesmo que o valor da meta seja em termos da característica da qualidade.

Segundo Campos (1992), é importante utilizar o maior numero de dados possíveis para identificar o problema mais importante e justificar com razões que levaram à escolha agregando valor à necessidade de resolvê-lo. É valido ressaltar que nesta etapa não se deve descrever as causas e propor ações corretivas, isto será feito durante a etapa de análise. Caso necessário, pode-se dividir o problema em parcelas que possam ser tratadas eficazmente, onde às vezes, podemos encontrar facilidade em resolvê-las. Nesta etapa é de suma importância a utilização da estratificação de dados e do diagrama de Pareto para auxílio na interpretação dos dados.

2.3.2 Etapa 2: Observação

Nesta etapa devem-se investigar quatro pontos: tempo, local, tipo e sintoma, para que as características do problema possam ser descobertas. Em seguida deve-se investigar sob outros pontos de vista para descobrir a variação nos resultados (CAMPOS, 1992).

Nesta etapa não se deve atentar para as causas da ocorrência do problema, mas sim olhar o problema como ele se apresenta. Segundo Campos (1992) o objetivo desta etapa é descobrir fatores que são causas do problema.

As pistas para resolução de um problema estão contidas no próprio problema. A variação em um resultado em geral é seguida pela variação nas causa e há possibilidade de existir relação entre elas.

Após o aumento do conhecimento do problema e a sua simplificação, nos focos definidos, são estabelecidas as metas específicas que, em conjunto devem levar ao alcance da meta inicialmente proposta (AGUIAR, 2006).

2.3.3 Etapa 3: Análise

Segundo Campos (1992) É nesta etapa que o objetivo principal é descobrir quais as causas principais. Para isto, primeiramente deve-se estabelecer as hipóteses:

- a) Construir um diagrama de causa-e-efeito (que contenha todos os elementos que pareçam ter relação com o problema) que englobe todo conhecimento relativo às possíveis causas;
- b) Utilizar informações obtidas na etapa 2, e descartar elementos que sejam claramente não relevantes. Revise o diagrama de causa e efeito utilizando os elementos remanescentes;
- c) Assinalar no diagrama final os elementos que tenham maior possibilidade de serem as causas principais.

Após estabelecidas, as hipóteses devem ser testadas (deduzir as causas principais entre as mais prováveis):

- a) Dos elementos que tenham grande possibilidade de serem causas, fazer novos planos para apurar o efeito que esses elementos têm sobre o problema, através da obtenção de novos dados ou por meio de experiências;
- b) Fazer a integração do conjunto das informações obtidas e decidir quais as possíveis causas principais;
- c) Se possível, reproduzir intencionalmente o problema.

Segundo Aguiar (2006), nesta fase são procuradas as causas geradoras do problema relacionado com a meta específica que está sendo trabalhada e é também obtido um maior conhecimento sobre ela.

Segundo Campos (1992), a razão da divisão desta etapa em duas partes está na característica do método MASP em aprofundar a etapa. Reconhecidas as hipóteses, é necessário colher dados a seu respeito, e neste caso podem ser criadas Folhas de Verificação que permitem colher e registrar ordenadamente os mesmos. É possível encontrar evidências das causas pela reprodução intencional do defeito. Entretanto tal reprodução deve ser bem

planejada quanto à sua execução, pois existem razões de natureza humana, social ou prática que podem comprometer a veracidade dos resultados.

2.3.4 Etapa 4: Plano de ação

Nesta etapa, deve-se traçar um plano de ação para eliminar as causas principais. Uma perfeita distinção precisa ser feita entre as ações tomadas para curar o efeito (remoção do sintoma) e as ações tomadas para eliminar os fatores causadores (prevenção contra o reaparecimento ou bloqueio). Deve-se certificar que as ações não produzam outros problemas (efeitos colaterais). Se isso ocorrer, aconselha-se adotar outras ações ou procurar sanar os efeitos colaterais (CAMPOS, 1992).

A primeira ação a ser realizada nesta fase é a “Proposição de Medidas” para atacar o problema em estudo (AGUIAR, 2006). A proposição de medidas adequadas depende muito da capacidade técnica da equipe que está tratando o problema, isto é, vai depender bastante do conhecimento técnico sobre o processo relacionado com o problema, da experiência na solução de problemas e de outros conhecimentos, como de ferramentas da qualidade.

Segundo Campos (1992) a ferramenta 5W2H (*what, who, when, where, why, how, how much*) deve ser utilizada para traçar o plano de ação. É importante idealizar diferentes propostas de ação, examinando as vantagens e desvantagens de cada uma e selecionar aquela que for definida.

2.3.5 Etapa 5: Ação

De acordo com Campos (1992), esta etapa consiste em atuar para eliminar as causas principais. Existem dois tipos de ação. Um tipo é a ação que atua sobre os efeitos (resultados), enquanto a o outro tipo é a ação tomada para evitar o reaparecimento do fator causador do resultado. O modo ideal de se resolver um problema é prevenir o seu reaparecimento, adotando medidas para eliminar a causa do problema. Os dois tipos de ação não podem ser confundidos.

As ações frequentemente causam outros problemas. Para evitar “efeitos colaterais”, ação tem de ser avaliada e guiada sob a maior quantidade possível de ponto de vista. É desejável que se execute testes preparatórios. Se houver possibilidade de aparecimento de efeitos colaterais, considerar outras ações corretivas ou ações para sanar os outros efeitos.

2.3.6 Etapa 6: Verificação

Em um mesmo formato de tabelas, gráficos e cartas, é nesta etapa que a comparação de dados obtidos sobre o problema deve ser feita (resultados indesejáveis relativos ao tema) antes e após os bloqueios terem sido executados. Deve-se garantir que o problema não ocorrerá novamente (CAMPOS, 1992).

Para verificar a efetividade da ação corretiva, deve-se utilizar dados coletados antes e após a implementação da ação. É importante converter os resultados dos bloqueios para valores monetários. Diversas coisas importantes serão descobertas para a administração quando as perdas, antes e depois da ação forem comparadas.

Segundo Campos (1992), quando o resultado da ação não for tão satisfatório quanto o esperado, é importante certificar-se de que todas as ações corretivas tenham sido implementadas precisamente de acordo com o que foi decidido. Se os resultados indesejáveis continuarem a ocorrer mesmo depois de terem sido executadas as ações, é porque houve falha no processo de solução do problema e é necessário voltar à etapa 2 e recomeçar.

2.3.7 Etapa 7: Padronização

É nesta etapa que se elimina definitivamente a causa do problema. As ações corretivas devem ser padronizadas para prevenir contra o reaparecimento do problema. Há duas razões principais para a padronização. A primeira é que sem padrões as ações executadas para resolver um problema retornarão gradativamente aos antigos modos de trabalho possibilitando o reaparecimento do problema. A segunda é que o problema pode reaparecer quando novas pessoas estiverem envolvidas no serviço. A padronização é uma outra forma de expressar o 5W2H para os procedimentos de trabalho (CAMPOS, 1992).

2.3.8 Etapa 8: Conclusão

Segundo Campos (1992) é nesta etapa que se deve recapitular o procedimento da solução de problemas e planejar o trabalho futuro. Deve-se também refletir sobre o que ocorreu de bom e de ruim durante a aplicação do MASP.

Um problema quase nunca é perfeitamente resolvido e a situação ideal quase nunca existe. Não é conveniente pretender a perfeição ou continuar com as mesmas atividades no mesmo tema por um tempo muito grande. Quando o limite de tempo original é atingido, é importante delimitar as atividades. Mesmo que o objetivo não seja alcançado deve ser feita uma relação da extensão do progresso das atividades e daquilo que ainda não foi alcançado.

3 PESQUISAÇÃO AÇÃO

A usina siderúrgica está no dia-a-dia de milhões de pessoas, com produtos em aço que atendem à construção civil, à indústria e à agropecuária e a usina, objeto do presente estudo. Possui uma ampla linha de produtos em aço que são comercializados nos cinco continentes e nos diversos países em que atua, produz aços longos ao carbono, aços planos, aços especiais e peças forjadas e fundidas, além de oferecer serviços associados.

Seus produtos são utilizados em diferentes setores como: construção civil, infraestrutura, indústria, agropecuária, mineração, petroquímica, ferroviária, naval, ortodôntica, médica e alimentícia. É também líder mundial no fornecimento de aços especiais para a cadeia automotiva.

A usina siderúrgica de Pindamonhangaba abrange os negócios de aços especiais (special steel) como as usinas de: Mogi das Cruzes, Sorocaba no estado de São Paulo e Charquedas no Rio Grande do Sul, e detém o maior volume de produção e território, situada na Rodovia Luis Dumont Villares s/n, Km2 - Moreira Cesar.

A Figura 10 ilustra um fluxograma da usina siderúrgica simplificado, apresentando as áreas produtivas da usina. As setas simbolizam o produto para o cliente. Nota-se que há diversos tipos de produto, dependendo da demanda do cliente. Observando a figura, nota-se que o trabalho tem como objetivo uma melhoria que está ocorrendo na trefilaria de arames, que recebe o fio máquina da laminação 2 (L2, na figura) e entrega o arame para o cliente. A seção 3.1 detalhará melhor este processo.



Figura 10 – Fluxograma do material para clientes. Fonte: Material interno da usina.

3.1 Trefilaria de arames

A unidade de produção de Arames tem como objetivo preparar o arame por trefilação para indústrias de conformação mecânica cuja futura aplicação será no ramo automotivo. Isso é obtido através do tratamento dado ao fio máquina (matéria prima da trefilaria) pelas várias etapas do processo da Trefila de Arames (Figura 11).

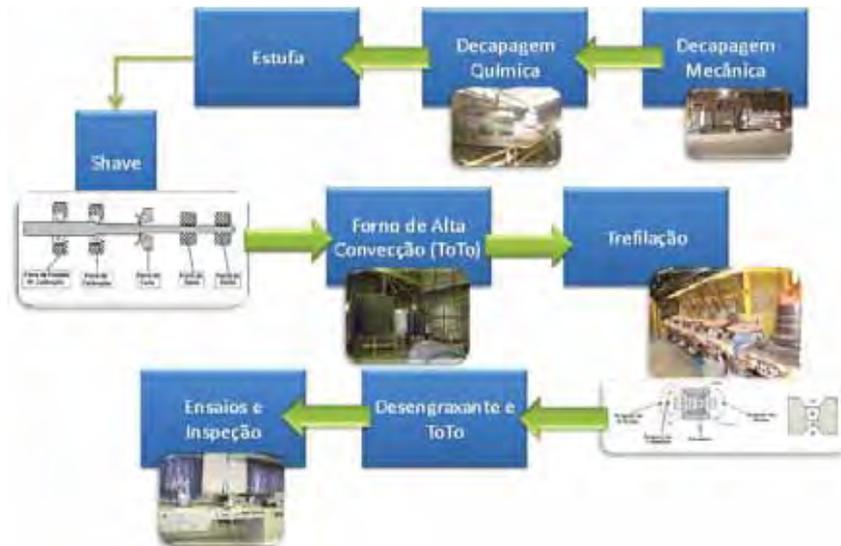


Figura 11 - Fluxograma de produção de arame. Fonte: material interno da área produtiva.

O Fio-máquina é o produto obtido pela conformação mecânica a quente, e na usina é produzido na laminação 2. Arame é produto obtido pela conformação mecânica a frio do fio-máquina, produzido na trefilaria de arames.

3.1.1 Etapas do Processo

A Trefila de arames recebe fio máquina da Laminação 2 em forma de bobina e então é submetido à decapagem mecânica. O fluxo será descrito de acordo com a Figura 12.

A decapagem química tem como objetivo remover a carepa (camada superficial oxidada devido ao contato com o ar atmosférico) do fio máquina proveniente da laminação através do jateamento com granalhas de aço.

Processo: O rolo a ser jateado é colocado em um mandril fixado junto a uma das duas portas do jato que, em seguida, é fechada dando início à operação. Então, o fio-máquina é jateado com granalhas de aço enquanto gira em torno do mandril. Durante o jateamento do rolo, a segunda porta é aberta para o abastecimento do segundo mandril.



Figura 12 – Jato de granalha. Fonte: material interno da área produtiva.

O material permanece em processo de jateamento em média de 8 minutos, variando conforme tipo de aço, bitola e aplicação do material.

A inspeção do material antes e após o jato é visual. A velocidade de rotação do mandril varia de acordo com a bitola. O mandril gira ora em sentido horário ora em sentido anti-horário em curtos intervalos de tempo para cobrir toda a superfície do material. A menor bitola de entrada é 7,94mm e a maior 33,34mm. Bitolas menores causam o embaraçamento do material (engasgamento).

A granulometria da granalha de aço é garantida através de análises periódicas, os testes são realizados no próprio laboratório de ensaios da Trefila de Arames.

A decapagem química tem como objetivo remover a carepa e preparar a superfície do material para as etapas posteriores através da fosfatização e ensaboamento do arame.

Processo: O material é imerso em tanques com soluções de ácido clorídrico, água, fosfato de zinco e estearato de sódio (Figura 13).



Figura 13 - Tanques de decapagem (a dir.: ácido, imersão, jato de água, fosfatos, sabões e estufa). Fonte: material interno da área produtiva.

O tanque de ácido clorídrico promove a remoção da carepa remanescente do jato e cria microporosidades e/ou microfissuras por corrosão ácida na superfície do arame para facilitar a aderência do fosfato de zinco e sabão reativo.

A concentração do banho varia de acordo com o produto final. Realizam-se análises frequentes para garantir a estabilidade do banho. No segmento de molas, a concentração do ácido é menor em função de se evitar demasiada corrosão (porosidade) que, conseqüentemente, provoca trincas.

Após o material ser decapado em ácido clorídrico, ele é lavado com jato de água pressurizada para eliminar o ácido remanescente na superfície do arame e, em seguida, é imerso em banho de água corrente para evitar a contaminação por arraste do ácido, com a importância da lavagem (Figura 14) ser extremamente eficiente, pois pode contaminar os banhos de fosfato e sabão reduzindo a eficiência da decapagem.



Figura 14 - Lavagem da bobina por jato de água. Fonte: material interno da área produtiva.

Então o material é submetido ao banho de fosfato e zinco que tem o objetivo de lubrificar a superfície do fio para o processo de trefilação e a estampagem/extrusão da peça, bem como carrear outros lubrificantes e proteger o material contra oxidação. A camada de fosfato varia conforme a aplicação do produto.

A próxima etapa do processo é a formação da camada fina de estereato de zinco, através da reação do sabão reativo com o fosfato de zinco, que auxilia na lubrificação do material nas etapas futuras de deformação (Figura 15).



Figura 15 – a) bobina sendo retirada do banho de sabão reativo. b) acabamento superficial da bobina ensaboada.
Fonte: material interno da área produtiva.

Existem dois tipos de sabão:

- S1 (pesado): Tem maior concentração, menor temperatura e, portanto tem maior carregamento de sabão lubrificante. É utilizado quando o cliente especifica uma quantidade de lubrificante alta, normalmente para aplicações onde é requerido um alto grau de deformação.
- S2 (leve): É utilizado nos processos intermediários de desbaste, e quando a especificação do cliente não menciona quantidade mínima alta, ou ainda especifica quantidades máximas baixa deste lubrificante.

A soma do sabão e do fosfato facilita a conformação mecânica do material. Com isso, é possível aumentar a velocidade de trefilação com um menor desgaste da fieira e ganho de vida útil quanto ao desgaste das matrizes no cliente.

A estufa tem como objetivo a eliminação de umidade do material fosfatizado para evitar o processo de oxidação, além do aquecimento do material para a difusão do H₂. É apenas utilizado em bobinas de aplicação em molas de arames temperados.

Seguindo o fluxo da Figura 12, o material segue para o *shave* que tem como objetivo eliminar os defeitos superficiais oriundos da matéria-prima tais como descarbonetação, trincas e defeitos de fundo fechado. Para isso a operação de *Shave* “descasca” o material, isto é, retira a superfície da matéria prima por corte em torno de 0,15 mm no raio através da passagem fio-máquina por uma fieira de corte, obtendo uma remoção é em torno de 6 a 10% do volume do material. A Figura 16 nos mostra a superfície do fio máquina (bobina) após o processo *Shave*.



Figura 16 – Bobina após o processo Shave. Fonte: material interno da área produtiva.

Durante o processo são utilizados 05 jogos de fieiras (Figura 17):

- Fieira de Pressão de Calibragem: direciona a entrada do material;
- Fieira de Calibragem: responsável pela calibração do material, reduz a variação da bitola da matéria prima laminada à quente, garantindo a uniformidade da remoção de cavaco. A calibração varia de acordo com a bitola do material;
- Fieira de Corte: responsável pela operação de remoção superficial; Bitola de acordo com OF;
- Fieira de Pressão de Saída: evita tortuosidade e endireita o material;
- Fieira de Sabão: tem por objetivo o arraste do sabão para permitir o deslizamento do arame na bobina evitando marcas superficiais por atrito.

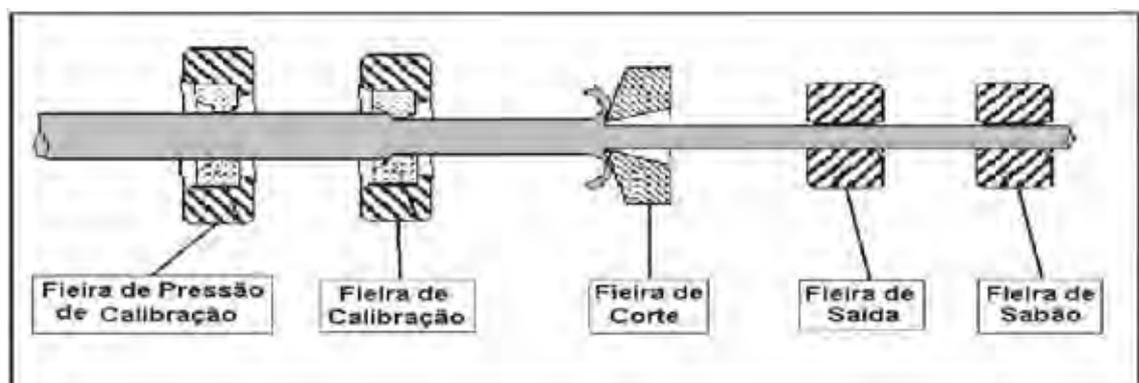


Figura 17 – Jogo de Fieira do processo Shave. Fonte: material interno da área produtiva.

A próxima etapa é a passagem do matéria pelo forno de alta convecção (Figura 18). Esta etapa tem como objetivo tratar termicamente o material em função das propriedades e microestruturas desejadas. O tratamento térmico é realizado em três fornos estacionários de alta convecção a gás natural com atmosfera controlada com nitrogênio. São compostos por 12 maçaricos cada um e quatro bases com capacidade de 25 toneladas.

(nominal). O ciclo de tratamento térmico pode variar de 7 a 29 horas. A carga é colocada na base que é coberta com o abafador (campânula de proteção) que por sua vez é aquecida pelo forno. Na interface do abafador com a carga é injetado nitrogênio, visando evitar a descarbonetação do material e promover a homogeneidade de temperatura na atmosfera dentro do abafador.



Figura 18 - Área do Forno, à direita: forno, base carregada e campânula. Fonte: material interno da área produtiva.

Após esta etapa, o fio máquina é submetido a ciclos de tratamento térmico, que basicamente são três tipos diferentes. O primeiro ciclo voltado para as propriedades mecânicas do material, o segundo para sua forma de grãos e o terceiro e último para alívio de tensões.

Em seguida, o material segue para: trefilação, tratamento térmico e inspeção. O processo de trefilação confere ao material precisão dimensional, eliminação da tortuosidade ocasionada pelo tratamento térmico e compactação dos lubrificantes na superfície do arame através da deformação plástica a frio.

Para isso o arame é submetido a uma força de tração que o faz passar pela fieira, reduzindo, assim, sua seção transversal. O processo pode ser aplicado a uma única fieira ou

várias em série (monobloco ou contínuas, Figura 19), conforme especificação de dimensional e/ou propriedades mecânicas.



Figura 19 – a) Trefila contínua. b) Monobloco. Fonte: material interno da área produtiva.

São quatro ângulos de controle na fieira: Ângulo de entrada, ângulo de trabalho, paralelo e ângulo de saída, pois a geometria da fieira tem grande influência sobre a força de trefilação, em que para qualquer passe de redução dado no material existe uma geometria de trabalho ideal que produz um esforço de tração mínimo em relação ao limite de escoamento do material (Figura 20).

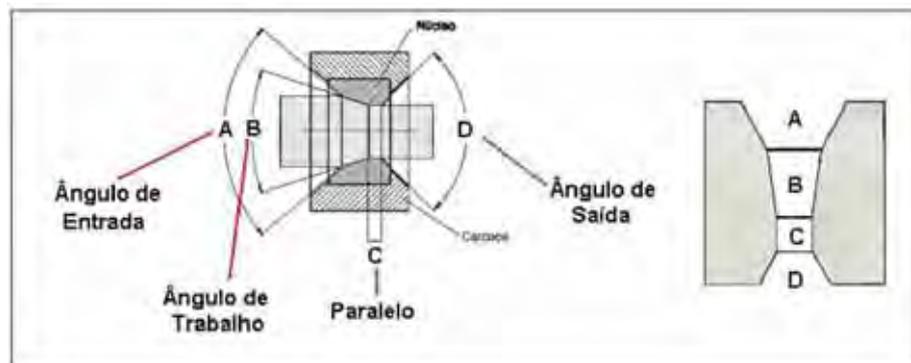


Figura 20 – Ilustração dos ângulos de uma fieira. Fonte: material interno da área produtiva.

Para eliminar os resíduos dos lubrificantes em materiais que serão temperados e revenidos após a trefilação, é aplicado um desengraxante. Então o arame é encaminhado para mais dois tratamentos térmicos: o primeiro para aumentar as propriedades mecânicas, e o segundo para aliviar as tensões do material e é encaminhado para a linha de inspeção que conta com ensaios não destrutivos para verificação de defeitos na superfície, detecção de variações dimensionais e ensaios eletromagnéticos além da inspeção com ensaios destrutivos que analisa tensão, elasticidade, plasticidade e tenacidade do material.

A expedição é a área responsável pela embalagem, armazenamento, pesagem e carregamento do produto final e dependendo da necessidade do cliente, a expedição efetuará o oleamento do rolo, bem como, a diferenciação de embalagens conforme especificação do cliente. Vale ressaltar que todos os materiais oriundos do processo de trefilação de arames são enlonados para evitar oxidação (Figura 21).



Figura 21 – Arame embalado e liberado para carregamento. Fonte: material interno da área produtiva.

3.2 APLICAÇÃO

Como mencionado na seção 1.3, a metodologia MASP é aplicada para buscar a melhoria do problema apresentado. Nos próximos itens serão apresentados o passo-a-passo as atividades desempenhadas pelo GSP, com o objetivo de mostrar a aplicação da metodologia e das ferramentas da qualidade com a apresentação dos dados obtidos e as ferramentas da qualidade utilizadas.

3.2.1 Identificando o problema

No Biênio de 2009/2010 até os presentes dias, verificou-se que as Trefilas de tal usina siderúrgica possuem alto índice de interrupção, o qual impacta diretamente na produção geral da Área. Os dados coletados no ano de 2009 mostram que as paradas operacionais têm em média 789,95 h/mês de Interrupções, 637,90 h/mês de paradas programadas e 2877,87 h/mês de Tempo Livre no 1º semestre de 2010. Estratificando esses valores, verificou-se que a paradas mais relevantes no índice são: Equipamento sem programação (Tempo Livre), Refeição e *Setup* (Parada Programada), Falta de Operador, Falta de Material Aguardando Ante Trabalho, Aguardando Ponte Rolante, Abastecer/Carregar próximo rolo (Interrupções), que serão as paradas abordadas pelo projeto (Quadro 3).

Quadro 3 - Principais tipos de paradas observadas na linha. Dados coletados nos anos de 2009 e 2010.

Tipo	Estratificação	[h/mês]
Tempo Livre	Equipamento sem programação	130
Parada Programada	Refeição	233
	Setup	251
Interrupções	Falta de Operador	149
	Aguardando Antetralho	146
	Aguardando Ponte Rolante	56
	Abastecer/Carregar rolo	104

Nos últimos 7 meses (de janeiro a julho de 2011), este problema persistiu pois o grupo criado para tal melhoria não deu continuidade ao trabalho, portanto o grupo foi retomado com novos integrantes para dar continuidade ao trabalho de melhoria.

No primeiro semestre de 2011 foi feito um levantamento de dados para se obter um histórico quantitativo do problema em questão (interrupção nas trefilas). Para isto foi criada uma folha de verificação onde o responsável teria que alimentar os dados em horas e em seguida, outra folha com os mesmos itens, com a porcentagem de horas dos itens por hora total de interrupção no mês. Este procedimento foi executado para as trefilas contínuas (Anexo A), médias (Anexo B) e grandes (Anexo C).

Os itens contidos na folha de verificação foram os seguintes: abastecendo jato com granalha, aguardando empilhadeira, aguardando ponte rolante, ajuste da temperatura de chumbo, café, abastecimento ou carregando próximo rolo, equipamento sem programação, folga de escala, falta de energia, falta de estocador, falta de fieira, falta de material aguardando antetralho, falta de material para mesma temperatura, falta de material para mesma velocidade, falta de operador, feriado, férias, ferramental, limpeza, manutenção corretiva elétrica, manutenção corretiva mecânica, manutenção de instrumentação, manutenção preventiva, operador deslocado, dentre outros.

Os dados foram medidos em paradas das trefilas contínuas, trefilas médias e trefilas grandes que se diferem pelo diâmetro (bitola) do fio máquina a ser trefilado (citado no item acima). Dos dados levantados, puderam-se construir os gráficos abaixo (Figuras 22, 23, 24):

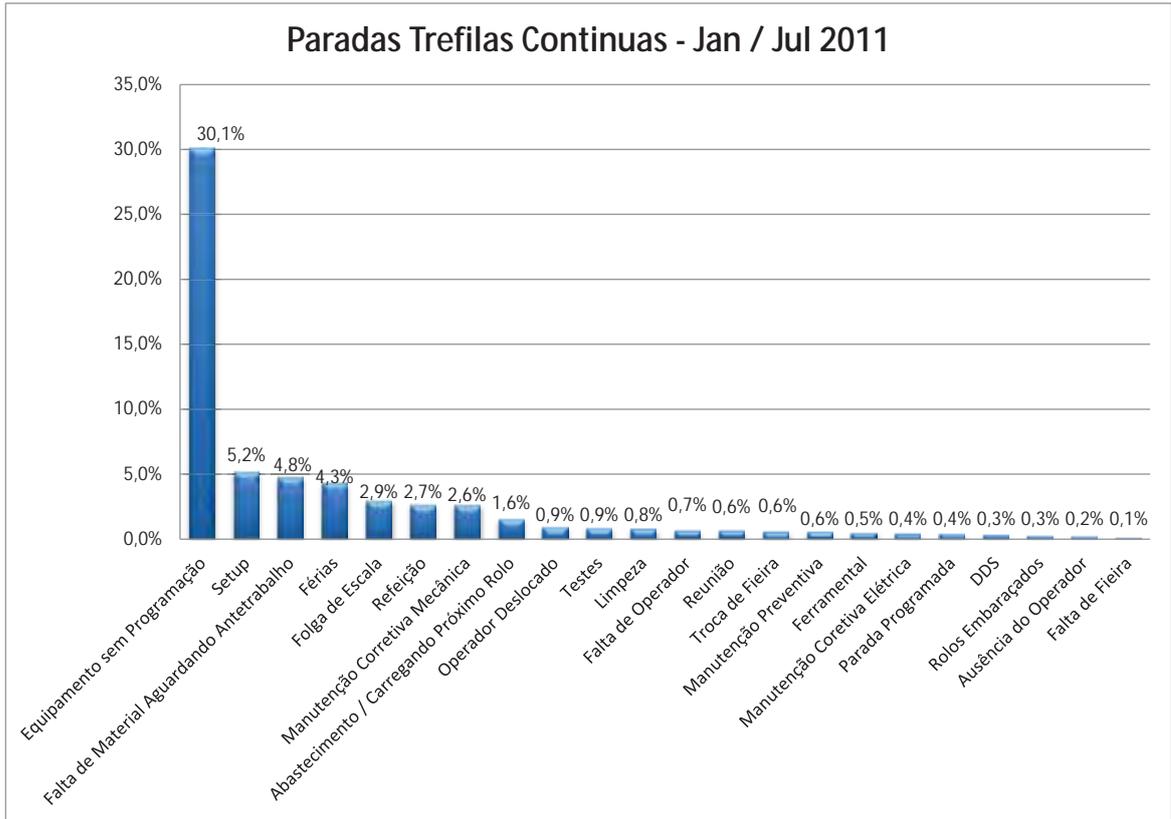


Figura 22 - Paradas das trefilas contínuas.

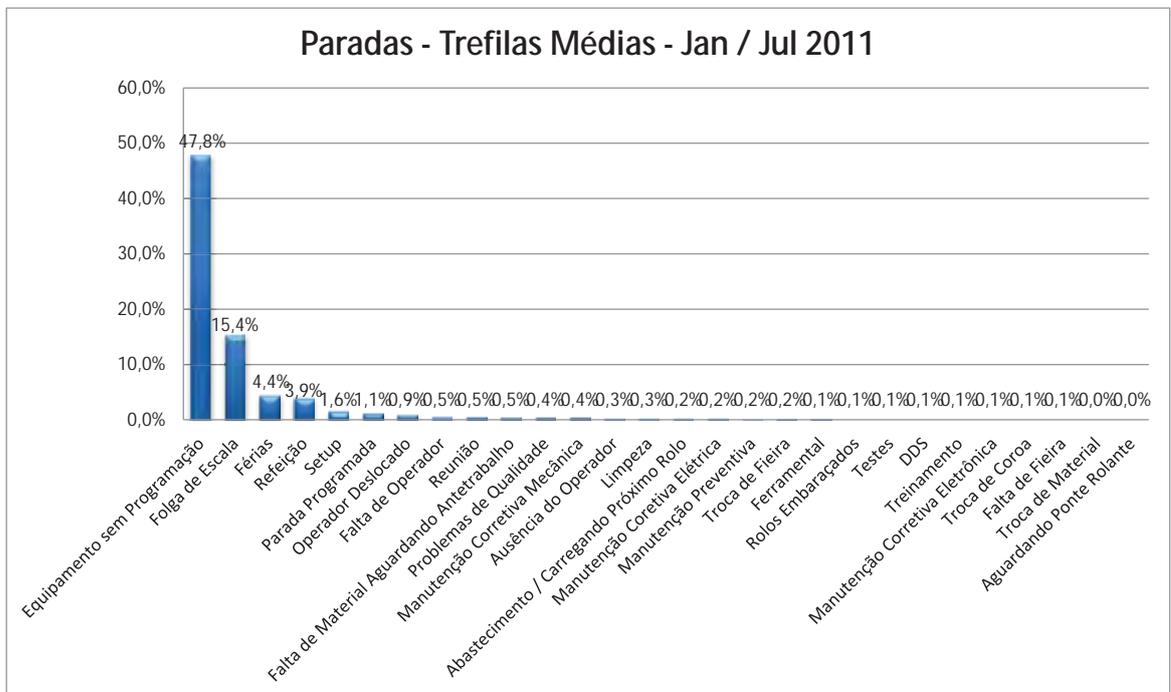


Figura 23 - Paradas nas trefilas médias.

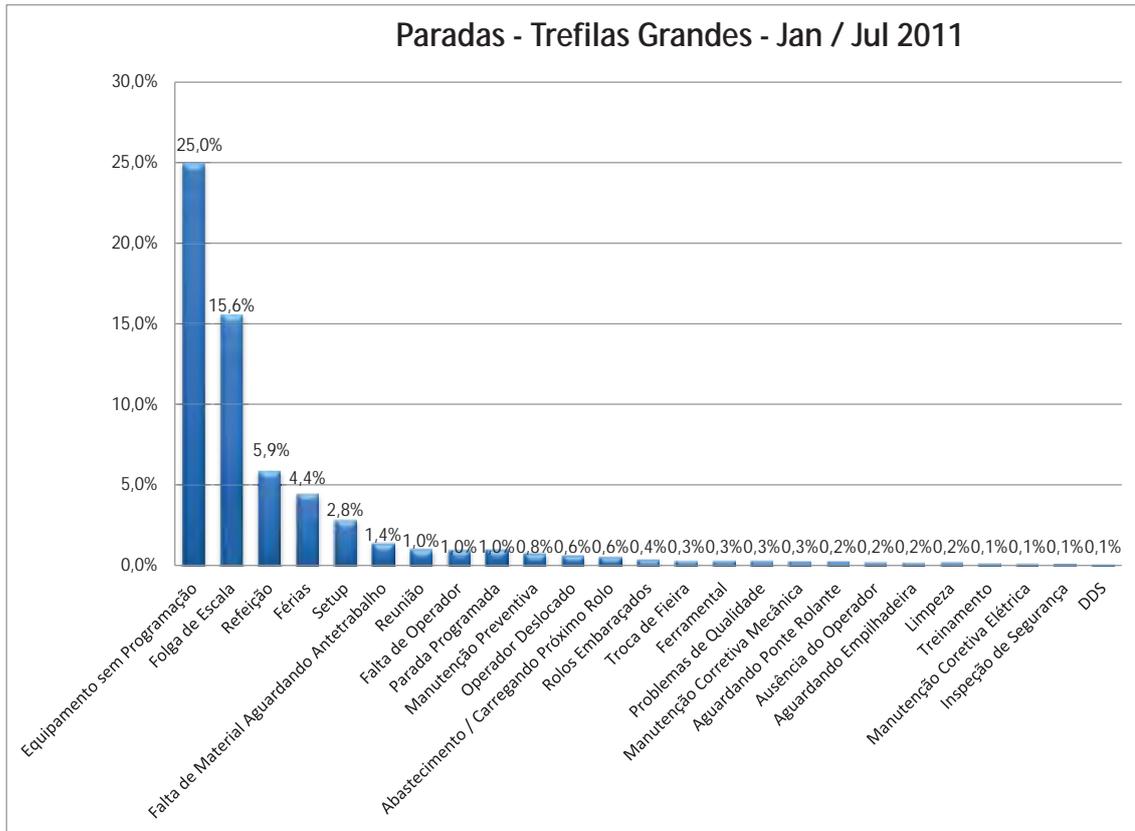


Figura 24 - Paradas nas trefilas grandes

Ao observar este levantamento de dados, pode-se notar que as paradas mais relevantes são: Equipamento sem programação, setup, folga de escala, e falta de material aguardando antetrabalho. As perdas por paradas de setup e falta de material aguardando antetrabalho somam 9,44%, resultando em aproximadamente 2083 t de produção/mês. Sendo assim para uma produtividade de aproximadamente 6 ton/h deixa-se de produzir 298 ton/mês. Isso representa uma perda de R\$2,4 milhões/ano, considerando uma margem de contribuição de R\$672,00 por tonelada (fonte: informações da área). Porém deve-se lembrar de que ainda se está na primeira etapa e não se deve tomar conclusões sobre o problema e sim apenas levantar os dados.

Foram definidas como item de controle principal as interrupções operacionais (código: LM-Interrupções Operacionais). Abaixo segue o gráfico da soma das paradas de *setup* e falta de material aguardando antetrabalho. Analisando os dados, a meta estabelecida foi de 7,55% (Figura 25).

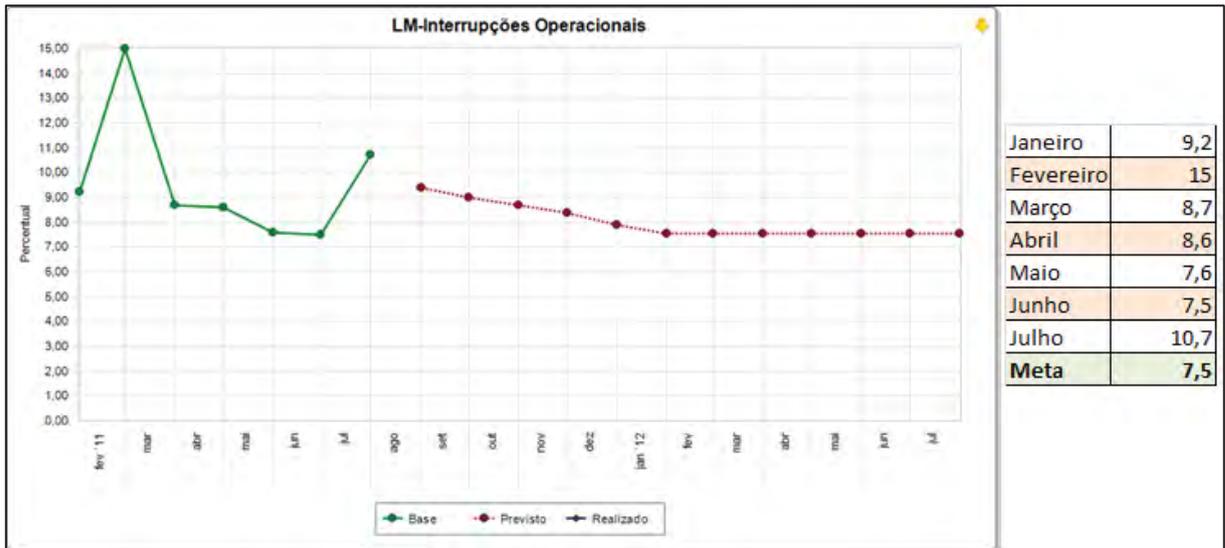


Figura 25 - Interrupções por Setup e falta de material aguardando antetralhalho. Real e previsto.

Por motivos de retorno financeiro e estratégico, o grupo decidiu ter como foco a redução nas interrupções das trefilas médias, grandes e contínuas por paradas de Setup e Falta de material aguardando antetralhalho. Também foi focado apenas as trefilas contínuas, visto que as médias e grandes demandarão mais tempo, confrontando com o tempo de execução deste trabalho.

Com o item de controle definido e com a decisão de atuar nas melhorias do setup e da falta de material aguardando antetralhalho, o grupo estabeleceu um cronograma. A Figura 26 ilustra o que foi previsto no cronograma e o que foi realizado. Pode-se observar que a data realizada do cronograma encontra-se defasado com o a data planejada.

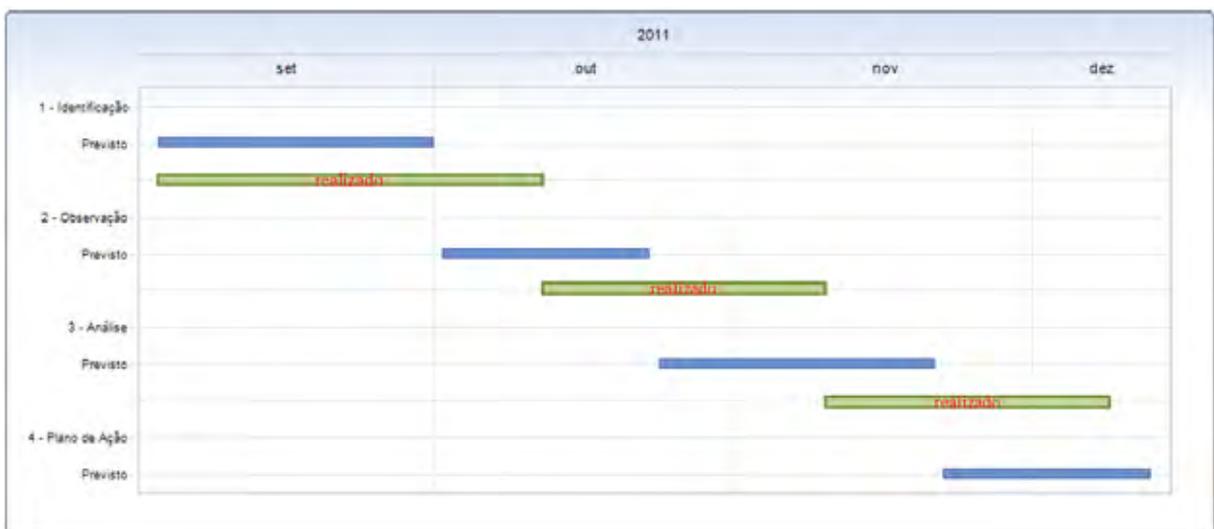


Figura 26 – Cronograma do GSP.

O próximo passo foi construir um diagrama de Pareto (Figura 27) unindo os dados das trefilas contínuas, médias e grandes. Não foram considerados os motivos de equipamento sem programação, refeição, férias e folga de escala devido a não atuação do operador sobre estas paradas, ou seja, o operador não manipula estas paradas, elas são inevitáveis devido a necessidades fisiológicas, trocas de turno (A, B e C), etc. Também não foram consideradas as trefilas pequenas devido à baixa necessidade de utilização dos equipamentos.

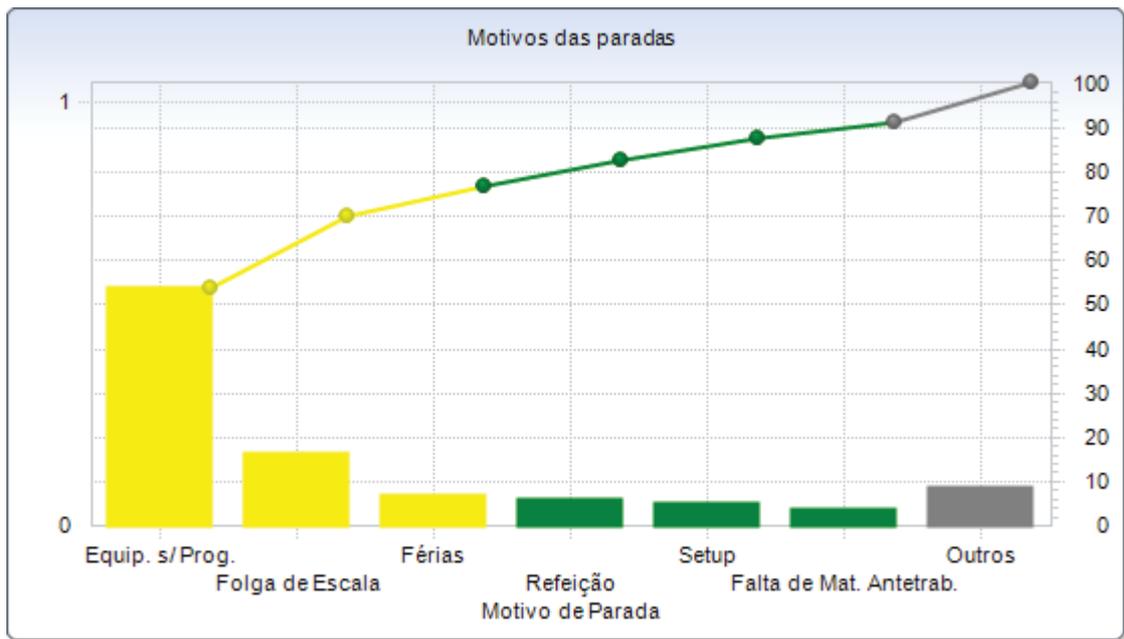


Figura 27 – Diagrama de Pareto com dados levantados no primeiro semestre de 2011 em porcentagem.

3.2.2 Observação do problema

Com o problema bem identificado e com a base de dados suficientes, o próximo passo foi a observação do problema, seguindo a metodologia MASP. Esta etapa teve como foco estratificar os dados entre os turnos A (da meia noite às 8hs), B(das 8hs às 16hs) e C (das 16hs à meia noite).

A etapa de observação se iniciou com um pequeno 3W (*what, who, when*) para delegação de funções, para que se pudesse dar prosseguimento ao GSP (Quadro 4).

Quadro 4 - O que, quem e quando (3W) para delegação de funções.

O QUE?	QUEM?	QUANDO?
ATUALIZAR IC'S AGOSTO E SETEMBRO	-	07/10/2011
ATUALIZAR TABELAS DE PARADAS (JANEIRO A JULHO)	-	07/10/2011
GRAFICOS NO SOFTWARE	-	13/10/2011
LEVANTAR MOTIVOS DAS PARADAS DE SET-UP E ANTE-TRAB.	-	20/10/2011

Foram traçados diagramas de Pareto para os problemas de interrupção com *setup* e com falta de material aguardando antetrabalho. Vale ressaltar que o foco é na melhoria das trefilas contínuas, devido ao tempo de execução deste trabalho. Segue na Figura 28 a observação feita por diagrama de Pareto para interrupções de *setup* por turno.

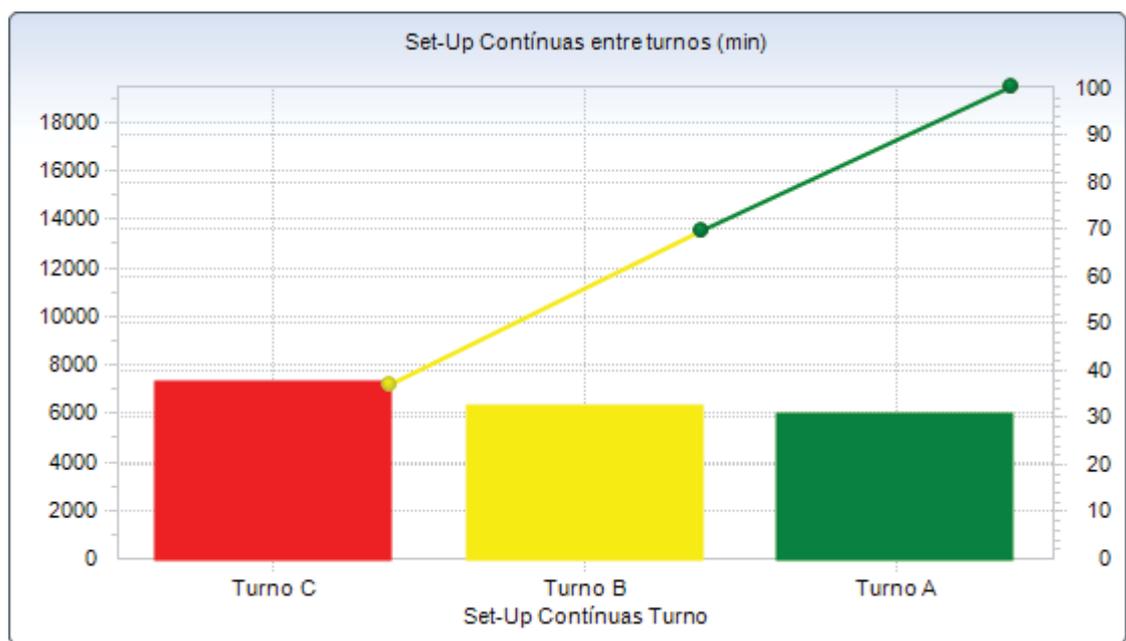


Figura 28 - Interrupção de setup (em horas à esquerda e em porcentagem à direita) nas trefilas contínuas estratificado por turno.

Neste diagrama de Pareto pode-se observar que o turno C é o que mais perde tempo com paradas de *setup*. Na Figura 29, pode-se observar os diagramas de Pareto por horas de interrupção por mês, estratificado agora para cada turno.

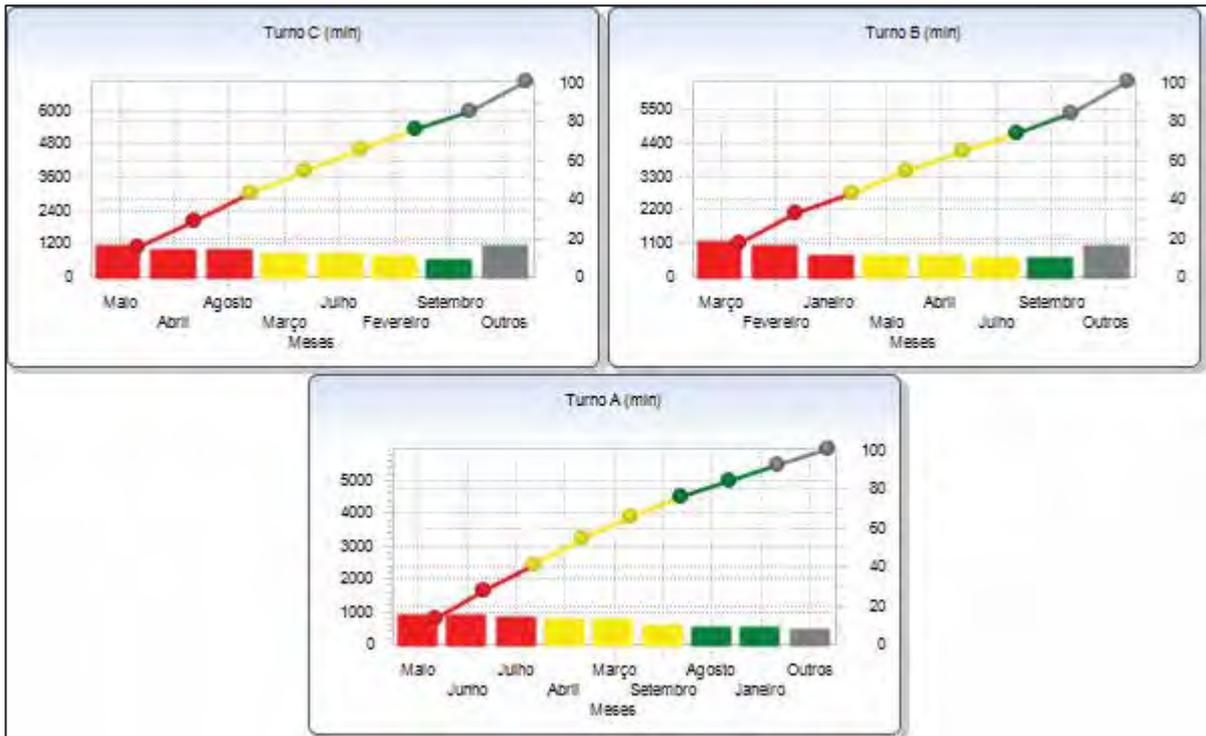


Figura 29 - Diagrama de Pareto: estratificação por turno e por mês (por ordem decrescente de horas) para paradas de setup.

Pode-se observar que o mês que mais teve interrupções por turno, se alterna entre maio (turnos C e A) e março (turno B). O segundo mês com maiores interrupções se alterna entre abril (turno C), fevereiro (turno B) e junho (turno A). Ainda observando o gráfico de Pareto, podemos observar que o turno C é o que mais fica interrompido por troca de ferramenta (*setup*) nas trefilas contínuas.

Para troca de ferramenta (*setup*), também foi utilizado os conceitos do gráfico de controle como ferramenta estatística para auxílio na observação, porém o gráfico não é um gráfico de controle pois em seus valores não apresenta média ou amplitude de amostras, mas sim os valores de tempo medidos durante os meses de janeiro a setembro de 2011. Foram construídos três gráficos para os turnos A, B e C e os limites superior e inferior foram calculados. Este tipo de gráfico apesar de aparentar ser um gráfico de controle, é apenas um gráfico que contém os valores obtidos em horas do mês, como citado acima, e seus limites de controle foram calculados pelo valor médio adicionado ou subtraído (limite superior e inferior) de 3 vezes o desvio padrão.

A unidade do eixo das ordenadas é em horas, e os números de 1 a 9 nas abscissas representam os meses (de janeiro a setembro).

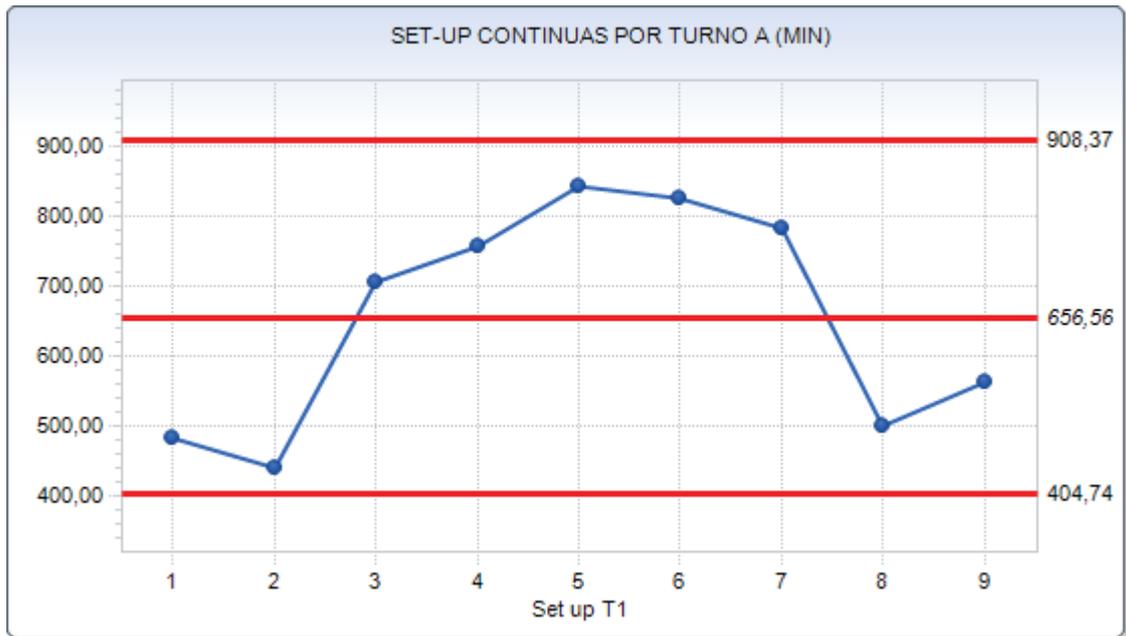


Figura 30 – Grafico do tempo de setup do turno A.

Observando o gráfico do turno A (Figura 30) pode-se notar que de março a julho de 2011 o tempo de *setup* foi maior que 700 horas por mês. Em contrapartida, podemos dizer que o turno A é o que obteve menos tempo de interrupção mensal. Somando os nove meses, o turno A teve 6000 horas paralisadas devido a interrupção por *setup* contra aproximadamente 6300 horas do turno B e 7000 horas do turno C.



Figura 31 - Grafico do tempo de setup do turno B.

Observando o gráfico do turno B (Figura 31) pode-se notar que em março houve um pico no tempo de setup de 1100 horas no mês. Também há um destaque para o valor obtido em fevereiro (aproximadamente 1000 horas no mês). Porém, nota-se que a partir de abril, o tempo de interrupção por *setup*, em horas por mês manteve-se menor do que 700.

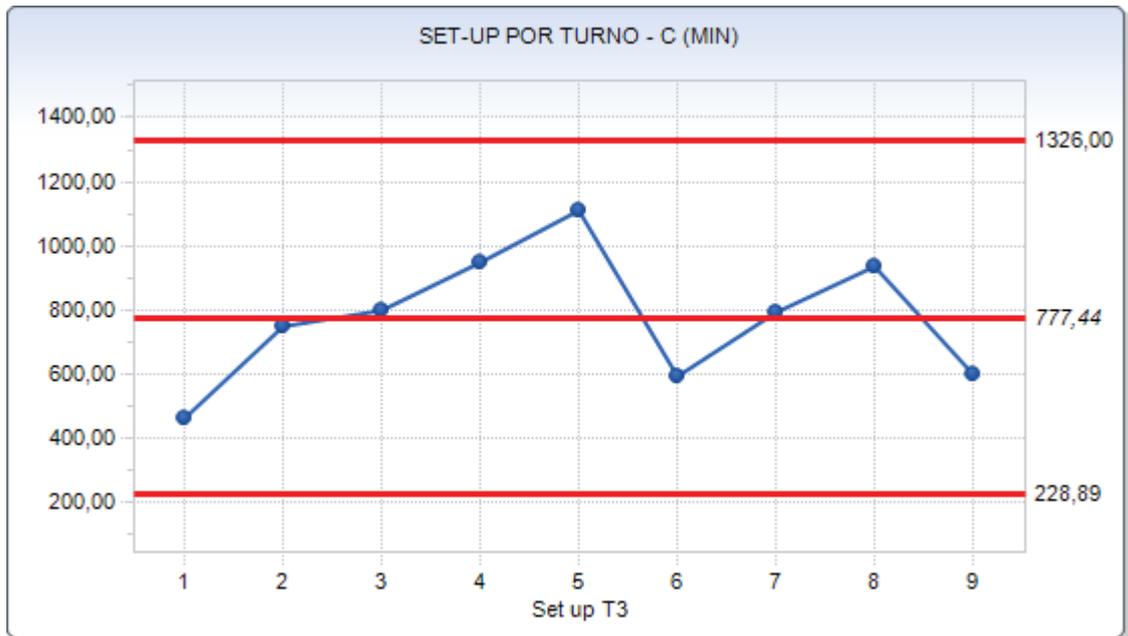


Figura 32 - Gráfico do tempo de setup do turno C.

Apesar do gráfico do turno C (Figura 32) aparentemente ter menos picos (ou seja, aparenta certa estabilidade) que o dos outros turnos (A e B), pode-se notar que este oscila entre 778 horas por mês aproximadamente e seu limite superior é o maior dos três turnos.

O mesmo estudo de diagrama de Pareto foi feito para as interrupções por falta de material aguardando antetrabalho (Figura 33).

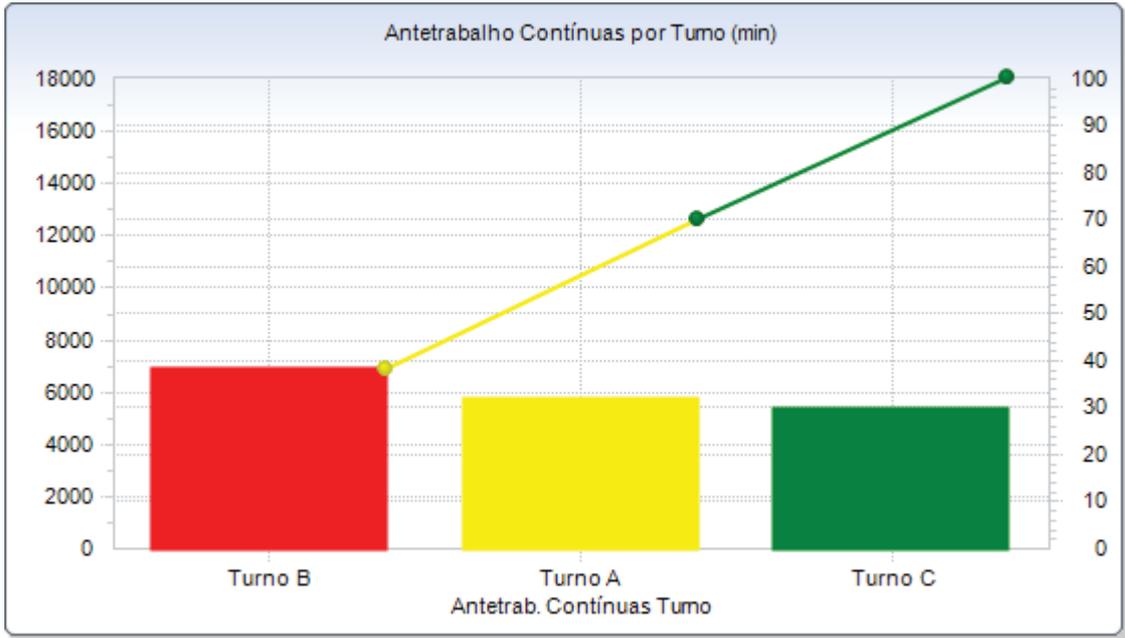


Figura 33 - Interrupção devido a falta de material aguardando antetrabalho (em horas à esquerda e em porcentagem à direita) nas trefilas contínuas estratificado por turno.

Com este diagrama de Pareto pode-se observar que o turno B é o que mais perde tempo com paradas por falta de material aguardando antetrabalho. Na Figura 34 podem-se observar os diagramas de Pareto por horas de interrupção por mês, estratificado agora para cada turno.

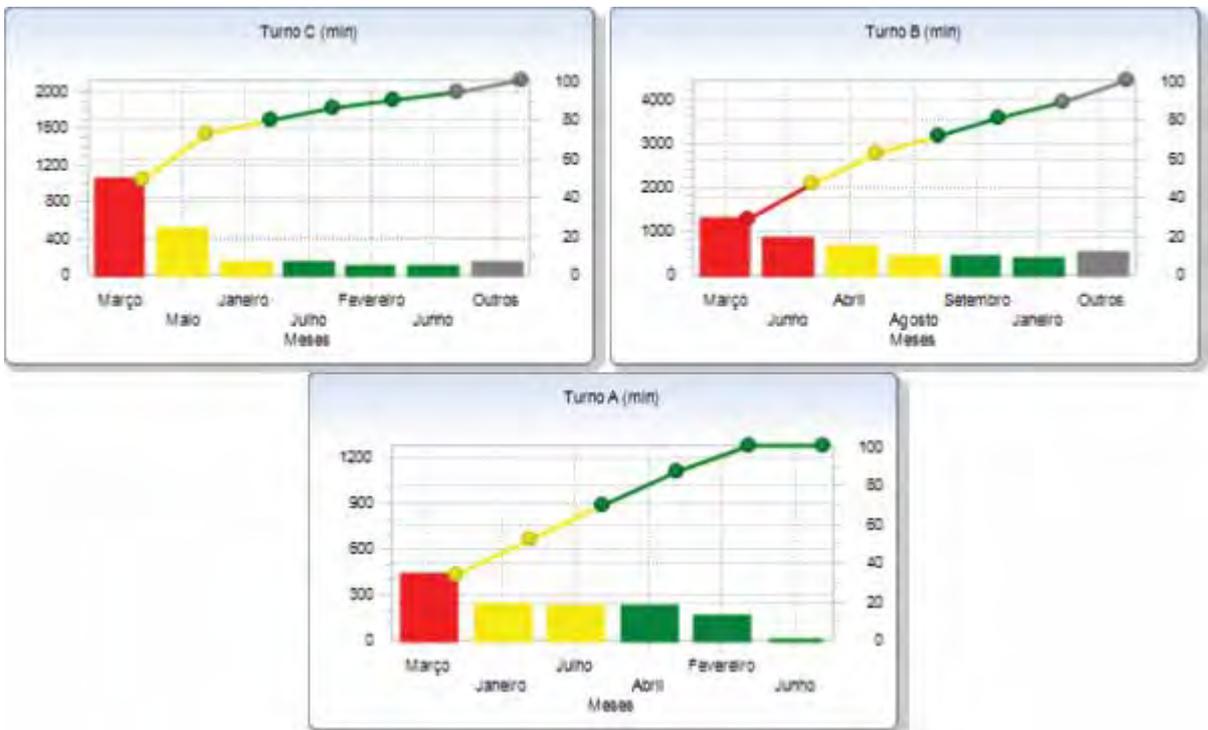


Figura 34 - Diagrama de Pareto: estratificação por turno e por mês (por ordem decrescente de horas) para paradas por falta de material aguardando antetrabalho.

Pode-se notar que o mês de março obteve maior índice de interrupções nos três turnos, já o segundo mês com maior quantidade de interrupções foi alternado entre maio (turno C), junho (turno B) e janeiro (turno A).

Ainda analisando o diagrama de Pareto podemos observar uma situação crítica para o turno B que obteve 4500 horas totais de interrupções de janeiro a setembro contra apenas 1300 horas totais do turno A e aproximadamente 2100 horas totais do turno C. É uma diferença muito expressiva em relação aos outros turnos.

3.2.3 Análise

Após a longa observação dos dados, utilizando as ferramentas da qualidade (diagrama de Pareto, estratificação dos dados e gráfico de limite 3 sigma) observou-se que o turno C sofre com maior tempo de interrupções por tempo de *setup* (média de 777,44 horas por mês) e que o turno B é o que mais sofre interrupções por falta de material aguardando antetrabalho.

Porém, é válido ressaltar que em todos os turnos está ocorrendo a interrupção acima da meta estipulada, ou seja, em todos os turnos existem as causas a serem eliminadas.

Frente a esta situação, foi traçado o diagrama de causa-e-efeito (Figura 35), porém a empresa não permitiu a divulgação completa do mesmo. Segue abaixo uma parte do diagrama de causa-e-efeito interrupções por *setup* e interrupção operacional por falta de material aguardando antetrabalho.

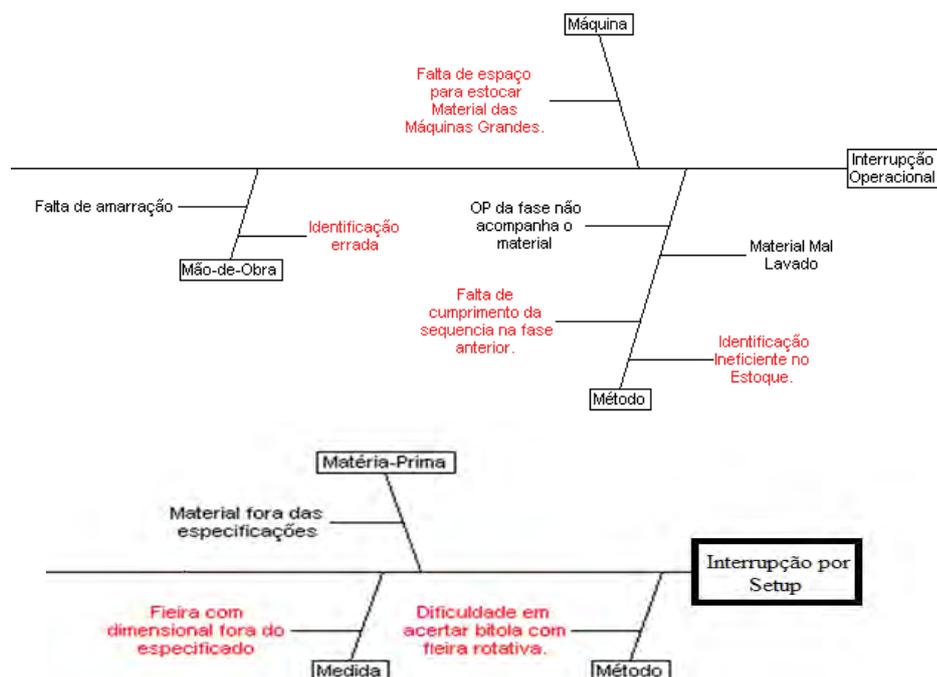


Figura 35 - Diagrama de causa-e-efeito para interrupção por troca de ferramenta e falta de material.

3.2.4 Plano de ação

Devido a atrasos no cronograma não foi possível acompanhar o plano de ação, mas é mencionado que ao selecionar uma ação para eliminar um fator indesejado é preciso a cooperação ativa de todos os envolvidos no GSP. Uma ação de ataque a fatores causadores de problemas causará várias mudanças na rotina de trabalho e a ação precisa ter a concordância de todos os envolvidos. Se houver muitas contramedidas possíveis, as vantagens e desvantagens de cada medida devem ser examinadas levando-se em consideração a opinião de todos os envolvidos. Se houver diversas soluções possíveis que atendam igualmente aos quesitos técnicos e econômicos, é melhor selecionar a decisão final democraticamente. Para traçar o plano de ação, é utilizado a ferramenta 5W2H (*what, who, when, where, why, how, how much*) para auxiliar no controle das ações.

O Quadro 5 mostra os resultados do estudo feito para o ganho previsto com a aplicação da melhoria. Nota-se que em todas as máquinas se ganhará um potencial de produção de 6,228 toneladas por hora. Um ganho muito expressivo em produtividade, representando um ganho de 672 reais por tonelada. A trefila perdeu com estes tipos de interrupções (*setup* e *atrabalho*) 2083,89 toneladas de produção em uma base de 334,6 horas, perdendo 1,4 milhões de reais por tonelada não produzida. O ganho previsto para a diminuição das interrupções para 7,55% é de 16,8 milhões reais por tonelada.

Quadro 5 – Ganho previsto com a melhoria.

	Valores	Unidade	Comentário
Valor base	9,44	%	
Percentual de redução	0,2	%	
Meta do grupo	1,888	%	
	7,55	%	
ton/h por maq.	0,692	t/h	Fonte Clemilson
ton/h por 9 maq	6,228	t/h	
Soma de interrupções (set-up + ante.)	334,6	horas	Tabela Cálculo do IC
Produção perdida	2083,8888	t	
Margem R\$/t	672	R\$/t	
R\$ por ton perdida	R\$ 1.400.373,27	R\$/t	
Ganho Analisado	R\$ 16.804.479,28	R\$/t	

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desde a revisão bibliográfica até a aplicação na prática (pesquisa ação) dos conceitos abordados neste trabalho, pôde-se notar que a utilização das ferramentas da qualidade nos dias de hoje torna-se indispensável quando se trata de gerenciamento de rotina ou melhoria de processo, quanto na coleta, na análise de dados e na identificação das oportunidades de melhoria. Outro fator importante é a utilização de métodos estruturados para a condução do estudo, que trouxe maior confiabilidade e assertividade da análise

O empenho da equipe para o levantamento de dados foi importante para o desenvolvimento do estudo, pois este mesmo GSP foi criado em 2010 e não progrediu pela complexidade das informações. O GSP em questão dará continuidade em 2012 para a conclusão da melhoria da trefila contínua e das demais.

Observaram-se alguns erros de conceito em relação às ferramentas de qualidade. No levantamento de dados ocorrido em 2010, havia um gráfico de horas por mês, porém este foi confundido com um gráfico de dispersão. Também se verificou a utilização de forma equivocada do gráfico de controle, não utilizando os conceitos de Shewhart de média e amplitude, apenas contemplaram-se os valores obtidos em horas e calculou-se os limites pela média somada a 3 vezes o valor do desvio padrão.

Mesmo com um método estruturado, no decorrer do estudo, observou-se um atraso considerável no cronograma devido a alta demanda do cliente e imprevistos ocorridos com os membros do grupo, além de reuniões desmarcadas e o adiamento de algumas tarefas. Porém, poder-se-ia evitar tais contratempos através da previsão da demanda, visto que na época do ano em que ocorreu o levantamento de dados, o mercado para este tipo de produto tende a estar aquecido.

4.1 Verificação dos objetivos

O objetivo principal do trabalho foi cumprido com êxito, pois mesmo não podendo atuar no plano de ação e na melhoria, pôde-se aplicar as ferramentas da qualidade, bem como o MASP.

Tratando-se da melhoria na área produtiva, no primeiro instante houve o estudo dos dados obtidos no biênio de 2009/2010, além de visitas técnica na área produtiva para o entendimento dos processos, visão do maquinário, layout, fluxo da matéria prima, entre outros.

Através de reuniões, foi possível a discussão do andamento das tarefas da melhoria, porém infelizmente o autor do presente estudo não pode acompanhar o plano de ação devido a atrasos no cronograma.

4.2 Sugestões para trabalhos futuros

Como sugestão para trabalhos futuros, pode-se aplicar o estudo nas áreas administrativas da empresa. Outra sugestão é utilizar de ferramentas como mapeamento do fluxo de valor, análise de carga de trabalho juntamente com as ferramentas de qualidade, trazendo uma maior compreensão das oportunidades de melhoria.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, S.; **Integração das Ferramentas da Qualidade ao PDCA e ao programa Seis Sigma**. Tecnologia e Serviços Ltda., 2006.

CALARGE, FELIPE; **A metodologia de troca rápida de ferramentas aplicada na conformação de metais**. São Paulo, 2001.

CAMPOS, V. F.; **Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia-a-Dia**. 8ª ed., São Paulo, 2004.

CAMPOS, V. F.; **TQC – Controle da qualidade total (no estilo japonês)**. 5ª ed., São Paulo, 1992.

CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P.; **Gestão da Qualidade – Teorias e Casos**. Rio de Janeiro, Elsevier, 2005.

COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. RIBEIRO; **Controle estatístico de qualidade**. São Paulo, Editora Atlas S.A., 2009.

ELSAYED, A.; BOUCHER, T. O. **Analysis and Control of Production Systems**. – Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1985.

FERNANDES, F.; SANTORO, M. **Avaliação do Grau de Prioridade e do Foco do Planejamento e Controle da Produção (PCP): modelos e estudos de caso**. *Gestão e Produção*, v. 12, n. 1, p. 25-38, 2005.

KUME, HITOSHI; **Métodos estatísticos para melhoria da qualidade**. São Paulo: Gente Ed., 1993.

MIGUEL, P. A. C.; **Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução**. São Paulo: Campus.

MONTGOMERY, D.C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. 4a edição. Rio de Janeiro: LTC, 2004. 513p.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção: edição compacta**. – São Paulo: Atlas, 1999.

THIOLLENT, M.; **Pesquisa-Ação nas Organizações**. Ed. Atlas. São Paulo, 1997.

ANEXO A – FOLHA DE VERIFICAÇÃO PARA PARADAS NAS TREFILAS CONTÍNUAS

Parada	Porcentagem
Equipamento sem Programação	30,1%
Setup	5,2%
Falta de Material Aguardando Antetrabalho	4,8%
Férias	4,3%
Folga de Escala	2,9%
Refeição	2,7%
Manutenção Corretiva Mecânica	2,6%
Abastecimento / Carregando Próximo Rolo	1,6%
Operador Deslocado	0,9%
Testes	0,9%
Limpeza	0,8%
Falta de Operador	0,7%
Reunião	0,6%
Troca de Fieira	0,6%
Manutenção Preventiva	0,6%
Ferramental	0,5%
Manutenção Corretiva Elétrica	0,4%
Parada Programada	0,4%
DDS	0,3%
Rolos Embaraçados	0,3%
Ausência do Operador	0,2%
Falta de Fieira	0,1%
Aguardando Empilhadeira	0,1%
Falta de Energia / Utilidades	0,1%
Manutenção Corretiva Eletrônica	0,1%
Inspeção de Segurança	0,1%
Feriado	0,1%
Treinamento	0,0%
Aguardando Ponte Rolante	0,0%
Engenharia - EPP	0,0%
Amarrar Rolo	0,0%
Ajustar Material para Engate	0,0%

Parada	Porcentagem
Troca de Coroa	0,0%
Troca de Material	0,0%
Quebra de Fio de Arames	0,0%
Abastecer Reservatório de Tinta	0,0%
Descartar Material	0,0%
Café	0,0%
Falta de Material para mesma Velocidade	0,0%
Abastecendo Jato com Granalha	0,0%
Ajuste da Temperatura de Chumbo	0,0%
Falta de Estocador	0,0%
Falta de Material para mesma Temperatura	0,0%
Manutenção de Instrumentação	0,0%
Preparar Tinta	0,0%
Troca de Caçamba	0,0%
Troca de Faca	0,0%
Troca de forno/Base	0,0%
Limpeza de Caixa de Pintura	0,0%
Troca de Gás	0,0%
Troca de Roldana	0,0%
Falta de Espaço	0,0%
Falta de Spider	0,0%
Inventário	0,0%
Corte de Material	0,0%
Espira Solta (Bobinadeira)	0,0%
Limpeza de Caixa Desengraxante	0,0%
Localizar Defeitos	0,0%
Troca de Bobinadeira	0,0%
Acertar Retêmpera	0,0%
Aguardar final da Rodada	0,0%
Descarregar Forno	0,0%
Engate do Forno	0,0%
Limpeza do Tanque de Chumbo	0,0%
Tubo Entupido / Quebrado	0,0%

ANEXO B – FOLHA DE VERIFICAÇÃO PARA PARADAS NAS TREFILAS MÉDIAS

Parada T. Média	%
Equipamento sem Programação	47,8%
Folga de Escala	15,4%
Férias	4,4%
Refeição	3,9%
Setup	1,6%
Parada Programada	1,1%
Operador Deslocado	0,9%
Falta de Operador	0,5%
Reunião	0,5%
Falta de Material Aguardando Antetralho	0,5%
Problemas de Qualidade	0,4%
Manutenção Corretiva Mecânica	0,4%
Ausência do Operador	0,3%
Limpeza	0,3%
Abastecimento / Carregando Próximo Rolo	0,2%
Manutenção Corretiva Elétrica	0,2%
Manutenção Preventiva	0,2%
Troca de Fieira	0,2%
Ferramental	0,1%
Rolos Embaraçados	0,1%
Testes	0,1%
DDS	0,1%
Treinamento	0,1%
Manutenção Corretiva Eletrônica	0,1%
Troca de Coroa	0,1%
Falta de Fieira	0,1%
Troca de Material	0,0%
Aguardando Ponte Rolante	0,0%
Engenharia - EPP	0,0%
Feriado	0,0%
Troca de Roldana	0,0%
Inspecção de Segurança	0,0%

Parada T. Média	%
Falta de Spider	0,0%
Abastecer Reservatório de Tinta	0,0%
Aguardando Empilhadeira	0,0%
Troca de Faca	0,0%
Amarrar Rolo	0,0%
Café	0,0%
Abastecendo Jato com Granelha	0,0%
Ajuste da Temperatura de Chumbo	0,0%
Falta de Energia / Utilidades	0,0%
Falta de Estocador	0,0%
Falta de Material para mesma Temperatura	0,0%
Falta de Material para mesma Velocidade	0,0%
Manutenção de Instrumentação	0,0%
Preparar Tinta	0,0%
Troca de Caçamba	0,0%
Troca de forno/Base	0,0%
Limpeza de Caixa de Pintura	0,0%
Troca de Gás	0,0%
Falta de Espaço	0,0%
Inventário	0,0%
Corte de Material	0,0%
Descartar Material	0,0%
Espira Solta (Bobinadeira)	0,0%
Limpeza de Caixa Desengraxante	0,0%
Localizar Defeitos	0,0%
Troca de Bobinadeira	0,0%
Acertar Retêmpora	0,0%
Aguardar final da Rodada	0,0%
Ajustar Material para Engate	0,0%
Descarregar Forno	0,0%
Engate do Forno	0,0%
Limpeza do Tanque de Chumbo	0,0%
Quebra de Fio de Arames	0,0%
Tube Entupido / Quebrado	0,0%

ANEXO C – FOLHA DE VERIFICAÇÃO PARA PARADAS NAS TREFILAS GRANDES

Parada	Porcentagem
Equipamento sem Programação	25,0%
Folga de Escala	15,6%
Refeição	5,9%
Férias	4,4%
Setup	2,8%
Falta de Material Aguardando Antetralho	1,4%
Reunião	1,0%
Falta de Operador	1,0%
Parada Programada	1,0%
Manutenção Preventiva	0,8%
Operador Deslocado	0,6%
Abastecimento / Carregando Próximo Rolo	0,6%
Rolos Embaraçados	0,4%
Troca de Fieira	0,3%
Ferramental	0,3%
Problemas de Qualidade	0,3%
Manutenção Corretiva Mecânica	0,3%
Aguardando Ponte Rolante	0,2%
Ausência do Operador	0,2%
Aguardando Empilhadeira	0,2%
Limpeza	0,2%
Treinamento	0,1%
Manutenção Corretiva Elétrica	0,1%
Inspeção de Segurança	0,1%
DDS	0,1%
Troca de Material	0,0%
Manutenção Corretiva Eletrônica	0,0%
Aguardar final da Rodada	0,0%
Troca de Coroa	0,0%
Falta de Fieira	0,0%
Falta de Spider	0,0%
Engenharia - EPP	0,0%

Parada	Porcentagem
Testes	0,0%
Café	0,0%
Abastecendo Jato com Granalha	0,0%
Ajuste da Temperatura de Chumbo	0,0%
Falta de Energia / Utilidades	0,0%
Falta de Estocador	0,0%
Falta de Material para mesma Temperatura	0,0%
Falta de Material para mesma Velocidade	0,0%
Feriado	0,0%
Manutenção de Instrumentação	0,0%
Preparar Tinta	0,0%
Troca de Caçamba	0,0%
Troca de Faca	0,0%
Troca de forno/Base	0,0%
Limpeza de Caixa de Pintura	0,0%
Troca de Gás	0,0%
Troca de Roldana	0,0%
Falta de Espaço	0,0%
Inventário	0,0%
Abastecer Reservatório de Tinta	0,0%
Corte de Material	0,0%
Descartar Material	0,0%
Espira Solta (Bobinadeira)	0,0%
Limpeza de Caixa Desengraxante	0,0%
Localizar Defeitos	0,0%
Amarrar Rolo	0,0%
Troca de Bobinadeira	0,0%
Acertar Retêmpera	0,0%
Ajustar Material para Engate	0,0%
Descarregar Forno	0,0%
Engate do Forno	0,0%
Limpeza do Tanque de Chumbo	0,0%
Quebra de Fio de Arames	0,0%
Tube Entupido / Quebrado	0,0%