A METODOLOGIA SEIS SIGMA COMO ESTRATÉGIA PARA O AUMENTO DE PRODUTIVIDADE:
UM ESTUDO DE CASO SOBRE O AUMENTO DA PRODUÇÃO DE LIGAS DE ZINCO

Thiago Coutinho de Oliveira

MONOGRAFIA SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DE CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA PRODUÇÃO.

Aprovada por:

_____

Profª. Eliane da Silva Christo, D. Sc

_____

Prof. Marcos Martins Borges, D. Sc

_____

João Marcello D'Alessandro, M. Sc

JUIZ DE FORA, MG - BRASIL

MAIO DE 2009

DE OLIVEIRA, THIAGO COUTINHO

A metodologia seis sigma como estratégia para o aumento de produtividade: um estudo de caso sobre o aumento da produção de ligas de zinco [Minas Gerais] 2009

X, 46 p. 29,7 cm (EPD/UFJF, Graduação, Engenharia de Produção, 2009)

Monografia - Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Engenharia de Produção

1. Metodologia Six Sigma

I. EPD/UFJF II. Título (série)

DEDICATÓRIA

Dedico essa monografia principalmente aos meus pais pela força e incentivo em todas as dificuldades ao longo da faculdade, pelos exemplos e lições que me passaram ao longo da minha história e por serem pessoas tão especiais na minha vida.

Ao meu irmão pelo apoio e amizade.

Aos meus amados avós Aline e Luiz pelas orações, carinho e apoio.

À Ana pelo incentivo, companheirismo e dedicação em todos os momentos.

Aos companheiros de trabalho que me abriram o caminho profissional e confiaram na minha capacidade.

Aos familiares e amigos que torceram e vibraram a cada vitória e dificuldades superadas. Essa conquista eu dedico a vocês!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelas bênçãos recebidas e pela oportunidade de superar este desafio. Aos professores Eliane da Silva Christo e Marcos Martins Borges pela disponibilidade, apoio e atenção durante a realização desse trabalho. E ao amigo João Marcello pelo interesse e colaboração.

Resumo da monografia apresentada à Coordenação de Curso de Engenharia de Produção como parte dos requisitos necessários para a graduação em Engenharia Produção.

A METODOLOGIA SEIS SIGMA COMO ESTRATÉGIA PARA O AUMENTO DE PRODUTIVIDADE:
UM ESTUDO DE CASO SOBRE O AUMENTO DA PRODUÇÃO DE LIGAS DE ZINCO

Thiago Coutinho de Oliveira

Maio/2009

Orientadores: Eliane da Silva Christo

João Marcello D'Alessandro

Curso: Engenharia de Produção

A metodologia Seis Sigma é uma estratégia gerencial altamente quantitativa que atua na redução da variabilidade de processos existentes contribuindo com o aumento da eficiência e competitividade das organizações. Seu principal foco é gerar retorno financeiro para as organizações, para isto, deve ser estar sempre alinhada às metas estratégicas das empresas. Este trabalho tem como objetivo apresentar o estudo de caso de um projeto Seis Sigma realizado na empresa Votorantim Metais, unidade de Juiz de Fora, detalhando as principais ferramentas estatísticas e de qualidade utilizadas em cada etapa e o retorno financeiro com a aplicação da metodologia. O software utilizado para a realização das análises estatísticas foi o Minitab 15. O projeto atuou no aumento da produção de ligas de zinco (ZAMAC), pois se trata de um produto com alto valor agregado e com um potencial mercado consumidor. Os objetivos do projeto foram alcançados com grande êxito, o aumento de produtividade superou a meta estabelecida no inicio do projeto gerando um enorme retorno financeiro para a organização.

Palavras-chave: Seis Sigma, Variabilidade, Competitividade, Processos.

Abstract of the monograph presented to Coordination of the Production Engineering Course as a partial fulfillment of the requirements for graduating in Production Engineering.

THE SIX SIGMA METHODOLOGY AS STRATEGY FOR THE PRODUCTIVITY INCREASE: A CASE OF STUDY ABOUT THE INCREASE OF ZINC LEAGUES PRODUCTION

Thiago Coutinho de Oliveira

May/2009

Advisor: Eliane da Silva Christo

João Marcello D'Alessandro

Course: Production Engineering

The Six Sigma methodology is a highly quantitative management strategy that acts in the variability reduction of the existing processes, contributing with the organizations efficiency and competitiveness increasing. Its main focus is to generate financial return for the organizations, for this, it must be always lined up with the strategical goals of the companies.

This work has an objective to present a Six Sigma project case study carried out in Juiz de Fora Votorantim Metais unit, giving the main statistical and quality tools details used in each stage and the financial return for the methodology application. The software used for the statistical analyses accomplishment was Minitab 15. The project acted in the increase of zinc leagues (ZAMAC) production, since it's a product with high aggregate value and a potential consuming market. The objectives of the project had been reached with great success, the productivity increased and surpassed the project's established goal, generating a great financial return for the organization.

Key-Words: Six Sigma, variability, competitiveness, processes

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Curva Normal SIGMA....4
Figura 2: Estreitamento da Curva Normal....5
Figura 3: PDCA e DMAIC....7
Figura 4: Estrutura Seis Sigma....9
Figura 5: Histórico de Treinamentos VMZ-JF....12
Figura 6: Produção de Ligas VMZ-JF....14
Figura 7: Estratificação: equipamento, período de operação e equipe....15
Figura 8: Cálculo da Capacidade Sigma do Processo Inicial....16
Figura 9: Comportamento da Produção da Lingoteira de Zamac....16
Figura 10: Cartas Xbar R para a Produção de Zamac....17
Figura 11: Estratificação das Produções por Turnos de Trabalho....18
Figura 12: Estratificação das Produções por Turnos de Trabalho....18
Figura 13: Pareto da Produção de Zamac x Forno Utilizado....19
Figura 14: Estratificação das Produções por Equipes de Produção....20
Figura 15: *Mood's Median Test* (Produção x Letra)....21
Figura 16: *Test for Equal Variances* (Produção x Letra)....21
Figura 17: *Mood's Median Test* (Produção x Turno)....22
Figura 18: Tempos da Lingoteira de Zamac....22
Figura 19: Pareto para os Tempos de Paradas da Lingoteira de Zamac....23
Figura 20: Pareto para os Tempos de Paradas Operacionais da Lingoteira de Zamac....24
Figura 21: Pareto para os Tempos de Paradas de Manutenção da Lingoteira de Zamac....24
Figura 22: Pareto dos Componentes Causadores das Paradas de Manutenção da Lingoteira de Zamac....25
Figura 23: Pareto dos Componentes Causadores das Paradas de Manutenção da Lingoteira de Zamac x Equipe de Produção....26
Figura 24: *Mood's Median Test* (Produção antes x Produção depois) Letra A....27
Figura 25: *Mood's Median Test* (Produção antes x Produção depois) Letra B....27
Figura 26: *Mood's Median Test* (Produção antes x Produção depois) Letra C....28
Figura 27: *Mood's Median Test* (Produção antes x Produção depois) Letra D....28
Figura 28: Verificação do Resultado – Produção horária de ZAMAC....29
Figura 29: Box-Plot Verificação do Resultado....29
Figura 30: Verificação do Resultado....30
Figura 31: Verificação Capabilidade Final....30

ANEXOS

Figura 32: Memorial de cálculo Inicial.....34
Figura 33: SIPOC.....35
Figura 34: Plano de calibração da balança.....36
Figura 35: Mapa de processo.....37
Figura 36: Matriz de priorização.....41
Figura 37: Plano de Ação.....43
Figura 38: Memorial de cálculo Final.....44
Figura 39: Gráfico para acompanhamento de produção.....45
Figura 40: OCAP.....46

SUMÁRIO

Dedicatória……iii
Agradecimentos……iv
Resumo……..v
Abstract.....vi
Índice de Figuras.....vii
Anexos.....viii
Sumário.....ix
1.0 Introdução.....1
1.1 Considerações Iniciais.....1
1.2 Objetivos.....1
1.3 Justificativas.....1
1.4 Escopo do trabalho.....1
1.5 Metodologia.....2
2.0 A Metodologia Seis Sigma..... 3
2.1 Histórico da Metodologia Seis Sigma.....3
2.2 Seis Sigma.....3
2.2.1 O projeto Seis Sigma.....5
2.3 DMAIC.....5
2.3.1 Definição (D).....6
2.3.2 Medição (M).....6
2.3.3 Análise (A).....6
2.3.4 Melhoria (I).....6
2.3.5 Controle (C).....7
2.3.6 A relação entre o DMAIC e o ciclo PDCA.....7
2.4 Estrutura típica Seis Sigma.....7
2.5 Treinamento.....9
2.6 Fatores críticos para o sucesso.....9
3.0 Descrição da empresa.....11
3.1 Votorantim Metais Juiz de Fora.....11
3.2 Modelo Seis Sigma na Votorantim Metais.....11
4.0 A prática de um projeto Seis Sigma.....13
4.1 Descrição do Projeto.....13
4.2 Etapa Definição.....13
4.3 Etapa Medição.....14

4.4 Etapa Análise.....20
4.5 Etapa Melhoria.....26
4.6 Etapa Controle.....30
5.0 Considerações Finais.....32
6.0 Referências Bibliográficas.....33
7.0 Anexos.....34

Capítulo I
INTRODUÇÃO

1.1. Considerações iniciais

Com a crise econômica mundial as organizações estão sendo obrigadas a desenvolver meios de se tornarem mais competitivas no mercado. Para isto, estão buscando soluções que aumentem a produtividade, garantam a qualidade e reduzam os custos nos seus processos produtivos. Mais do que nunca o uso de sistemas de gestão que potencializem a utilização dos recursos dentro das empresas tem sido vital para a sobrevivência nesse mercado cada vez mais agressivo.

Nesse contexto, o Seis Sigma vêm se mostrado uma ferramenta importante na condução de negócios, possui uma forma particular, uma metodologia própria de tornar uma empresa extremamente boa naquilo que faz, atingindo ótimos níveis de qualidade. Além disso, a iniciativa Seis Sigma gera ganhos muitas vezes maiores do que os investimentos necessários para implementá-la.

De acordo com ROTANDARO (2006), o Seis Sigma auxilia empresas a se tornarem mais eficientes, buscando a redução dos custos e otimização dos seus processos. A metodologia vai de encontro com as necessidades impostas pelo mercado. É uma metodologia focada na melhoria de processos existentes através de análises estatísticas e seu objetivo final é proporcionar ganhos financeiros para empresas, seja ele através de custos evitados (*cost avoid*) ou do próprio aumento de eficiência produtiva.

As ferramentas adotadas pela metodologia são em sua maioria as mesmas que têm sido utilizadas pelos sistemas de qualidade, com a grande diferença que a estrutura de um projeto Seis Sigma consegue potencializar o resultado, uma vez que os objetivos do projeto de melhoria estão alinhados com as metas financeiras da empresa.

1.2. Objetivos

Este trabalho tem como objetivo realizar um estudo teórico abrangente e exemplificar a metodologia através de um estudo de caso real. Dessa maneira serão detalhadas as principais etapas do projeto, ferramentas utilizadas e como a metodologia pode contribuir para aumentar a vantagem competitiva.

1.3. Justificativas

O tema a ser abordado foi escolhido mediante afinidade do autor com o assunto e pela oportunidade de observar durante o estágio, a importância da metodologia Seis Sigma para o aumento do desempenho da empresa. Foi considerada também a importância que as organizações de classe mundial têm dado ao assunto, em função da necessidade de reduzirem a variabilidade dos seus processos e dos seus custos.

Surge então a necessidade e a intenção de conhecer melhor os pontos determinantes da aplicação da metodologia para identificar como ela pode auxiliar a empresa na melhoria dos seus processos, reduzindo custos e otimizando a utilização de recursos.

1.4. Escopo do Trabalho ou Condições de Contorno

Este estudo abrange somente as ligas Zamac 5 e Zamac 8, produzidas pelos fornos 1, 5 e Lingoteira de Zamac. Será considerada a disponibilidade integral de matéria prima, principalmente o Zn, visto que este depende da produção de folhas catódicas pela eletrólise e da programação de produção dos outros produtos.

1.5. Metodologia

A primeira etapa para realização desse trabalho constitui em um estudo teórico, utilizando bibliografias relacionadas, entrevista com pessoas que detém conhecimento sobre o assunto, participação de grupos de estudo, cursos relacionados e análise crítica projetos realizados ao assunto a fim de se conhecer as diversas informações disponíveis que envolvem o tema e coletar as informações que darão embasamento ao trabalho.

Este trabalho foi desenvolvido através do método dedutivo, isto é, inicialmente será feito um estudo mais amplo, trabalhando informações sobre a teoria Seis Sigma. Esta metodologia visa explanar os principais tópicos teóricos relacionados ao tema, para posterior exemplificação com o estudo de caso, afunilando o foco do estudo.

Após todo o embasamento teórico foi realizada a exemplificação da metodologia por meio da apresentação de um projeto real. É vital destacar a importância da fase teórica para contribuir com o enriquecimento do trabalho e facilitar o entendimento das ferramentas usadas durante o projeto.

Por fim, foi utilizado o software Word para a elaboração do relatório final, seguindo uma formatação pré-estabelecida, em que todas as informações e análises são organizadas de modo coerente.

Capítulo II
A Metodologia Seis Sigma

Buscando a familiarização dos termos utilizados neste trabalho e a facilitação do entendimento geral, segue de forma sucinta uma apresentação dos principais conceitos e relações envolvidos com a metodologia Seis Sigma.

2.1 Histórico da Metodologia Seis Sigma

O Seis Sigma é uma metodologia estruturada utilizada na resolução de problemas vitais, estratégicos ou que afetam negativamente o cliente. Foi criada em meados da década de 1980 na Motorola em conjunto com empresas técnicas de consultoria utilizando métodos quantitativos e estatísticos para reduzir a taxa de falhas em produtos eletrônicos.

Contudo apenas em 1990 ocorreu a popularização da metodologia pelo mundo. Essa popularização deve-se a sua implantação na GE – General Electric – liderada pelo então CEO e considerado por muitos o maior executivo do século XX, Jack Welch. Com aproximadamente 6.000 projetos a GE obteve economias com a implantação do Seis Sigma de US$1,5 bilhão até 1999, melhorando a sua margem operacional de 14,8% em 1996 para 18,9% em 2000. Esses ganhos foram o fator fundamental para levantar a GE do estado de semi falência em que estava.

Segundo WELCH (2001):

[...] "o grande engano é supor que o Seis Sigma trate de controle de qualidade e de fórmulas estatísticas. Em parte é isso, mas não fica só nisso. Vai muitíssimo além. Em última instância, impulsiona a melhoria da liderança, ao fornecer instrumentos para que se raciocine sobre assuntos difíceis. No âmago do Seis Sigma, agita-se uma idéia capaz de virar uma empresa pelo avesso, deslocando o foco da organização para fora de si própria e convergindo-o no cliente."

A partir do sucesso da GE, as maiores empresas globais iniciam processo de implementação do Programa Seis Sigma.

No Brasil as primeiras empresas a adotar a metodologia começaram a fazê-lo em 1996.

Atualmente observa-se uma grande evolução e dinamização do Seis Sigma em diversas empresas e segmentos, usando a metodologia em serviços como hospitais, empresas de telecomunicações, instituições governamentais, bancos, entre outras. Em alguns casos a marca Seis Sigma é usada para atrair novos negócios e/ou fidelizar clientes. Observa-se progressivamente o uso do Seis Sigma dentro do Sistema de Gestão das empresas, alinhado à estratégia organizacional.

2.2 Seis Sigma

Seis Sigma é uma estratégia de negócios que busca resultados e a satisfação do cliente pela redução drástica da variabilidade e dos defeitos dos processos. Para isto usa ferramentas estatísticas e de qualidade, para aumentar a capacidade do processo e aumentar seu o desempenho sem elevar investimentos.

A metodologia Seis Sigma aplica-se na melhoria de processos já existentes e pode se usada em qualquer processo Industrial ou Administrativo com o objetivo de: aumentar a produtividade de um processo de manufatura, diminuir o tempo de ciclo de uma determinada atividade, melhorar o fluxo de caixa da Companhia, diminuir os custos variáveis ou entregar o produto ou serviço dentro do prazo acordado.

Para PANDE, NEUMAN e CAVANAGH (2001), Seis Sigma é:

[...] "um sistema abrangente e flexível para alcançar, sustentar e maximizar o sucesso empresarial. Seis Sigma é singularmente impulsionado por uma estreita compreensão das necessidades dos clientes, pelo uso disciplinado dos fatos, dados e análise estatística e pela

atenção diligente à gestão, melhoria e reinvenção dos processos do negócio."

Pode-se reduzir a definição de Seis Sigma como um estado em que um departamento, uma fábrica ou um negócio possui todos os processos que têm impacto sobre os requisitos do cliente gerando 3,4 defeitos por milhão de oportunidades.

Esta definição deixa bem clara o foco na melhoria dos processos existentes identificando e eliminando as causas que levam o processo a variar ao longo do tempo, gerando defeitos.

"Seis Sigma é uma estratégia gerencial de mudanças para acelerar o aprimoramento em processos, produtos e serviços. O termo Sigma mede a capacidade do processo trabalhar livre de falhas. Quando falamos em Seis Sigma, significa redução da variação no resultado entregue à clientes numa taxa de 3,4 falhas por milhão ou 99,99966% de perfeição"
(ROTANDARO, 2006)

De acordo com PANDE, NEUMAN e CAVANAGH (2001) existem três estratégias da aplicação da filosofia Seis Sigma:

- 1ª Estratégia de melhoria do processo – desenvolver soluções com a finalidade de eliminar as causas-raiz dos problemas de desempenho de uma empresa, sem interferir na estrutura básica do processo.
- 2ª Estratégia de projeto / reprojeto – substituir parte ou todo o processo por um novo.
- 3ª Estratégia de gerenciamento do projeto - os processos são documentados e gerenciados com medições em todas as suas etapas.

Por uma visão estatística, o sigma (σ) é uma letra do alfabeto grego que representa uma medida de variação: mede o afastamento em relação a um valor central. A figura 1 representa a curva normal de um projeto com distribuição nível 3 sigma.

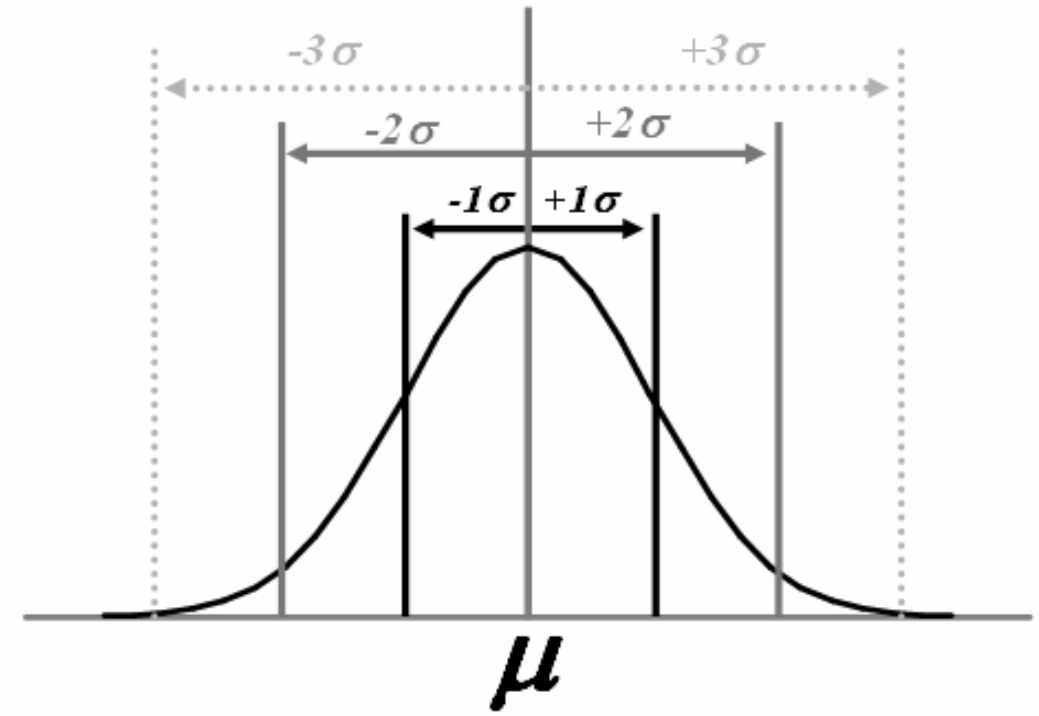


Figura 1: Curva Normal SIGMA
Fonte: Adaptado Montgomery

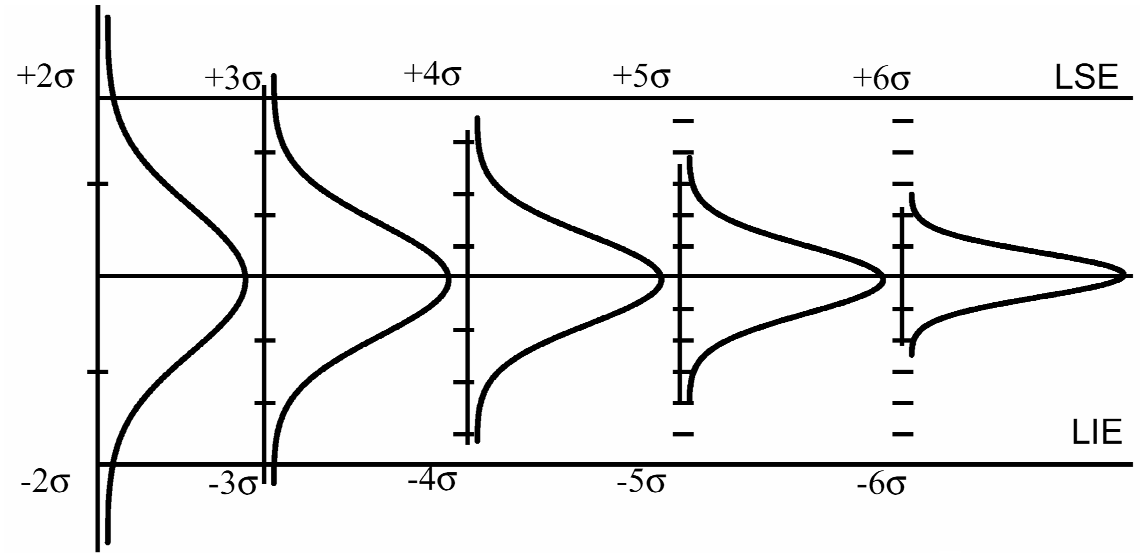


Figura 2: Estreitamento da Curva Normal
Fonte: Adaptado Montgomery

A figura 2 representa a distribuição dos dados do processo ao longo do tempo. À medida que o processo começa a se tornar 6 б essa curva tende a se estreitar, demonstrando graficamente a redução da variabilidade do processo.

Para que o programa Seis Sigma de uma empresa obtenha sucesso, é importante assegurar que o projeto esta alinhado com as diretrizes estratégicas da organização, e que a alta direção dê o suporte necessário à condução do projeto, acompanhando os resultados e provendo recursos para a implementação das soluções identificadas.

Através da metodologia, a empresa tem mais condições de atingir uma gestão mais eficiente do negócio e criar aos acionistas uma percepção de aumento de valor de Mercado.

2.2.1 O projeto Seis Sigma

Quando se identifica um processo com alta variabilidade, que tenha impacto significativo sobre a satisfação do cliente, com solução desconhecida e que gere um retorno financeiro, pode ser criado o projeto Seis Sigma. Para este projeto é formalizada a equipe com responsabilidade dos integrantes claramente definidas. Esta equipe irá utilizar a metodologia DMAIC em busca da redução de variabilidade e de atingir o nível 6 σ. Em geral a duração de um projeto é em torno de 4 a 6 meses, dependendo da complexidade de cada projeto.

Segundo PYDZEK (2003) para que um projeto seja considerado Seis Sigma, algumas características tem que ser atendidas:

- Escopo do projeto deve permitir que seja terminado no período de 04 a 06 meses;
- Execução do projeto deve ter um impacto significativo para a Organização (preferencialmente financeiro);
- Solução e/ou implementação de difícil execução e/ou não óbvios para a Organização;
- Potenciais ações a serem implementadas dentro das possibilidades e alinhadas com a Visão Estratégica da Organização;

2.3 DMAIC

A metodologia Seis Sigma não utiliza ferramentas novas de qualidade, apenas organiza a utilização das ferramentas clássicas em cada etapa da metodologia. A metodologia aplicada é chamada DMAIC (iniciais de Definir, Medir, Analisar, Melhorar – *Improve* em Inglês, e Controlar).

Ela visa levar a abordagem do ciclo PDCA a um nível mais profundo, empregando várias técnicas estatísticas e ferramentas que permitam aumentar significativamente a capabilidade dos processos. Além disso, o DMAIC dá grande ênfase ao resultado financeiro obtido com cada ação de melhoria.
Abaixo um breve descritivo, adaptado de GEORGE (2003) sobre as etapas (D-M-A-I-C).

2.3.1 Definição (D):

O objetivo principal desta fase é identificar qual processo do negócio será melhorado para atender a uma característica crítica para o cliente, aumentando a sua satisfação.

Após a identificação do processo deve-se realizar uma previsão dos ganhos com a realização deste projeto, para assegurarmos que será economicamente viável e está atendendo as metas estratégicas da empresa. Nesta etapa é importante assegurar também que o projeto será gerenciável. A correta seleção do projeto é crítica para o sucesso da execução do projeto.

Esta fase costuma ser mais simples em processos produtivos, onde pecas defeituosas são geradas e as oportunidades podem ser mais facilmente identificadas. No caso das áreas administrativas muitas vezes não é fácil identificar quais processos têm impacto sobre a satisfação do cliente.

As ferramentas mais utilizadas nesta fase são: Técnicas de pesquisa com clientes, "*Benchmarking*", Análise custo - benefício, QFD, Mapa do Processo (Macro), e o Gráfico de Pareto.

2.3.2. Medição (M) :

Durante a etapa de medição será construído o mapa do processo, analisado o sistema de medição, estudada a capabilidade do processo e levantado as potenciais causas de variação. Para isto são usadas ferramentas como Mapa de Processo, Matriz Espinha de Peixe, FMEA, Análise gráfica dos dados e Análise estatística dos dados.

Deve-se medir a habilidade do processo em produzir itens não defeituosos. Ou seja, mede-se a capabilidade do processo, expressa por seu valor sigma.

2.3.3. Análise (A):

O objetivo final da fase de análise está em identificar quais são as fontes de variação mais importantes nos processos analisados. Para isto utiliza-se, em geral, o FMEA e análises gráficas como Box Plot, Diagrama de dispersão, carta de tendência, gráfico de Pareto, e Histograma.

Para validação do processo é necessário certificar que as variáveis consideradas pouco impactantes sejam testadas estatisticamente, com o teste de hipóteses, análise de regressão e teste do Chi-quadrado.

2.3.4. Melhoria (I):

Nesta fase deve-se estudar medidas para aumentar a capabilidade (σ) do processo. Deve-se estabelecer um plano de ação para aumentar a capabilidade do processo com base nas fontes de variação identificadas durante a fase anterior.

Durante a fase de melhoria a equipe Seis Sigma deverá apresentar a nova versão do mapa de processo, procurando eliminar todas as etapas que não agregam valor. Nesta etapa, muitas vezes, mesmo identificando as principais fontes de variação do processo, faz-se necessária a realização de alguns experimentos para confirmar qual o melhor nível de desempenho para cada uma destas atividades.

Nesta etapa são usadas ferramentas como *Brainstorming,* Planos de ação, Mapa de processo e por fim o cálculo da nova capabilidade do processo. O documento mais importante a ser elaborado é o plano de ação, nele deve constar: a ação a ser tomada, o responsável, a data prevista e data de emissão do documento e , quando possível, um indicador de acompanhamento da ação.

2.3.5 Controle (C):

É a última etapa. Neste ponto são abordadas maneiras de controlar as variáveis vitais para manter o processo com o nível de capabilidade desejado.

Para isto há desde as mais simples técnicas, como a elaboração de procedimentos e de *Check-lists*, como técnicas mais complexas, como a elaboração de dispositivos à provas de erros e controle estatístico de processos.

Uma confirmação dos benefícios econômicos alcançados deve ser realizada.

Cartas de controle, Dispositivos à prova de erros (*Poka-yoke*), Planos de controle, Procedimentos fazem parte das ferramentas usadas nesta etapa.

2.3.6 A relação entre DMAIC e o Ciclo PDCA

As etapas do DMAIC podem ser comparadas com o método clássico chamado de PDCA.

AGUIAR (2002, PP. 205-206), mostra a correspondência entre o DMAIC e O PDCA. O grande insight do DMAIC é desmembrar a etapa P (Planejar) do PDCA, forçando-nos a planejar melhor o desenvolvimento do projeto (figura 3). É sabido que quanto mais bem planejado o projeto, menor o tempo de implementação do mesmo e menor a probabilidade de erros.

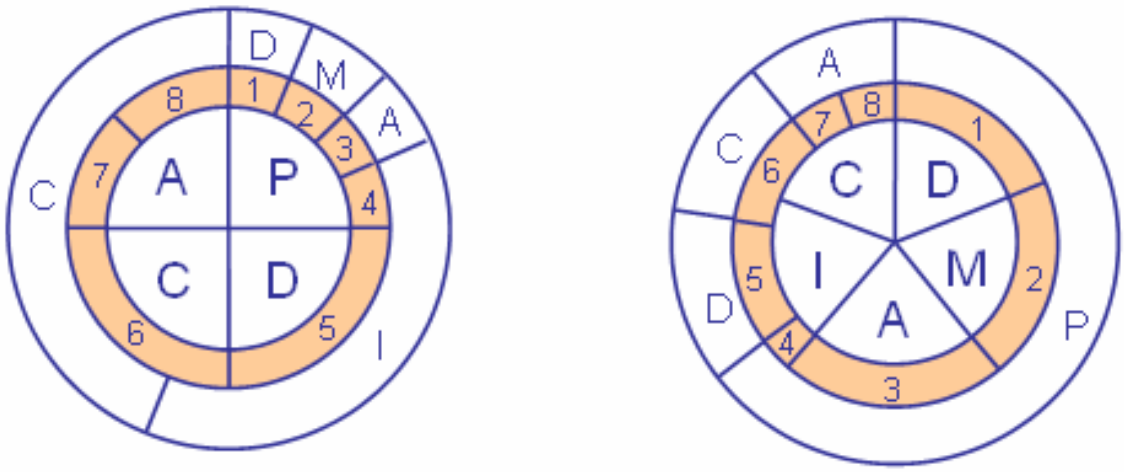


Figura 3: PDCA e DMAIC
Fonte: Adaptado Aguiar

2.4 Estrutura típica Seis Sigma

Os especialistas na metodologia Seis Sigma podem ser divididos em categorias, de acordo com o seu nível de conhecimento da metodologia, como nas artes marciais. Os Master Black Belts e Black Belts (faixas preta) são aqueles com maior conhecimento, seguidos pelos Green Belts (faixa verde), Yellow Belts (faixa amarela) e White Belts (faixa branca).

A formação da equipe é um elemento fundamental para o sucesso da metodologia, uma vez que é desenvolvida essencialmente por pessoas.

A nomenclatura da equipe Seis Sigma é baseada na graduação usada nas artes marciais.

Segundo ROTONDARO (2006), segue o detalhamento dos especialistas Seis Sigma:

- Executivo Líder: normalmente a mais alta posição dentro de um negócio. Deve ser o maior motivador da iniciativa Seis Sigma e o primeiro a exigir sua aplicação por “todas” as

pessoas dentro da companhia. Dele deve partir a iniciativa, condução e supervisão da iniciativa Seis Sigma no negócio, do contrário as chances de fracasso são altas.

- Equipe Seis Sigma: existe durante o período de desenvolvimento do projeto e é constituída de 5 a 7 elementos que são conhecedores profundos do processo que se quer melhorar . Os membros de uma equipe podem ser fixos durante todo o projeto ou pode haver elementos que participam por períodos curtos apenas quando se faz necessária a sua presença.

- Campeão (*Champion*): elemento fundamental em uma equipe Seis Sigma. Normalmente é o responsável pela área que é a maior beneficiada por um projeto. Não participa da equipe "100% do tempo", mas deve fazer revisões periódicas ao final de cada etapa e deve providenciar os recursos (financeiros, tempo, ajuda de outros departamentos) necessários para os demais membros da equipe desenvolverem o projeto .

- "White-Belt": pessoa que recebe um treinamento superficial da metodologia Seis Sigma. Geralmente faz parte do nível operacional das empresas e podem participar da equipe Seis Sigma, contribuindo com a execução do projeto.

- "Green-Belt": pessoa treinada dentro da metodologia Seis Sigma e que é o líder da equipe durante a implementação de um projeto. Executam o projeto como parte de suas tarefas do dia a dia. Normalmente deve pertencer à área que é a maior beneficiada pelo projeto.

- "Black-Belt": assim como o Green-Belt é uma pessoa treinada na metodologia e ferramentas Seis Sigma. Diferentemente do Green-Belt, o Black-Belt dedica 100% do seu tempo ao desenvolvimento de projetos Seis Sigma.

- **"Master Black-Belt":** função típica de empresas de grande porte é um profundo conhecedor da metodologia e das ferramentas Seis Sigma. É responsável por ajudar os *champions* na escolha e treinamento de novos projetos de melhoria, auxiliar o treinamento de toda a equipe e dedica 100% do seu tempo para o Seis Sigma. O Master Black-Belt deve possuir habilidade de comunicação e ensino, para auxiliar equipes no decorrer dos projetos.

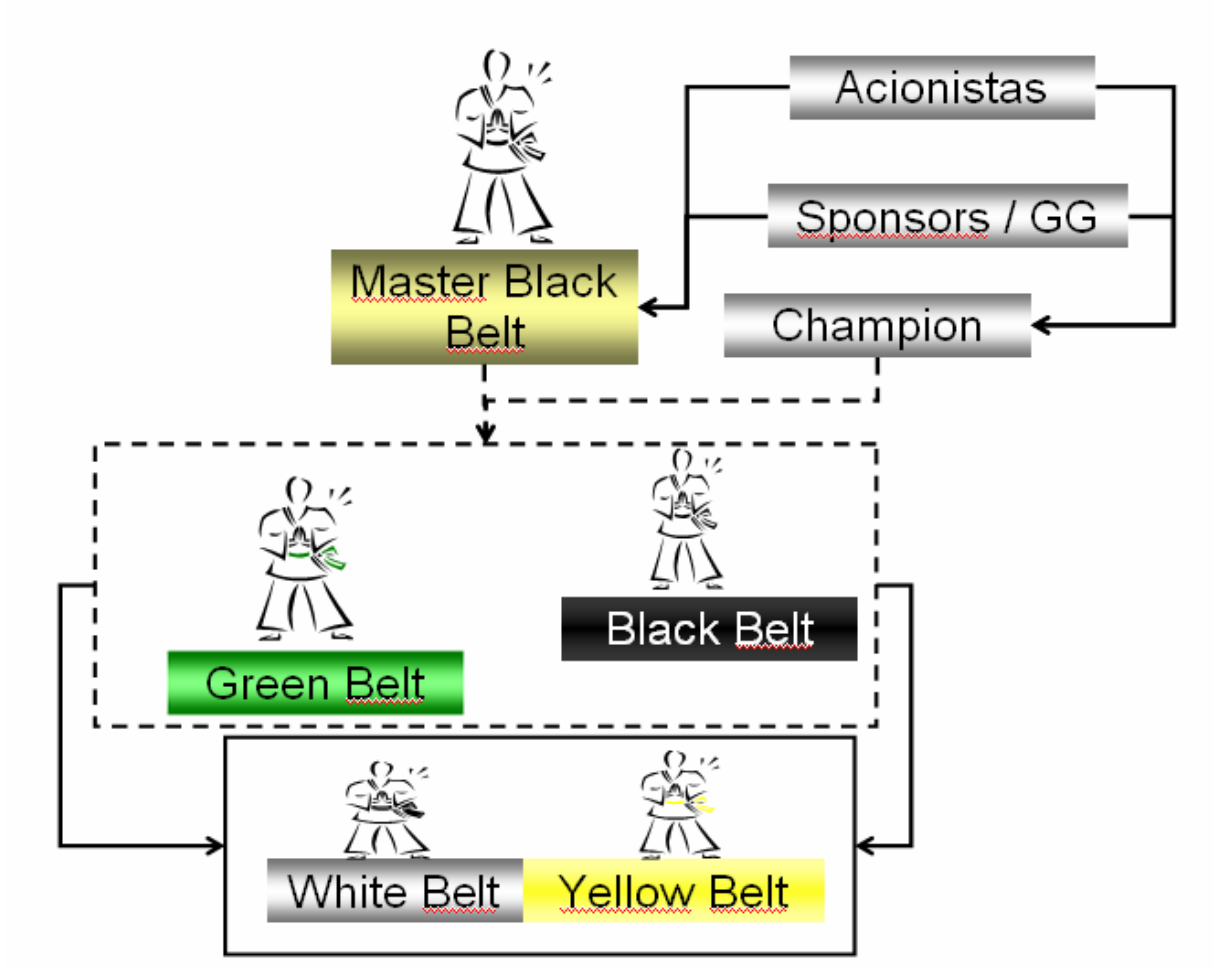


Figura 4: Estrutura Seis Sigma
Fonte: Adaptado Rotandaro

2.5 Treinamento

O Seis Sigma está relacionado com envolvimento de pessoas que desempenham seus trabalhos para determinar o motivo pelo qual o desempenho ou resultado não estão como deveriam e assim criar políticas e procedimentos para assegurar a melhoria do resultado. Para isto o treinamento é o ponto chave da metodologia. É dado para toda a equipe e visa ensinar como utilizar as ferramentas da qualidade e a estatística para desenvolver ou dar suporte a projetos Seis Sigma.

Em geral o treinamento é dividido em várias fases onde ao final de cada fase há um espaço de tempo para que o participante aplique os conceitos aprendidos no desenvolvimento do projeto Seis Sigma.

2.6 Fatores Críticos de Sucesso

Para ELLIOT (2003) “A preparação para a jornada Seis Sigma é tão difícil quanto se quer fazê-la. Comece apenas com um processo, então todo um departamento, e finalmente toda a operação. A maioria das empresas encontra dificuldades na implementação por causa da falta desta preparação e impaciência para iniciar a corrida”.

Com base na bibliografia utilizada neste trabalho e nas experiências vivenciadas pelo acompanhamento de projetos Seis Sigma, podemos destacar alguns aspectos críticos para o sucesso da metodologia. São eles:

- Envolvimento da liderança da empresa no acompanhamento dos projetos
- Gerenciamento estratégico do processo de mudança associado à implementação do Seis Sigma: Os sistemas e estruturas da empresa devem refletir e incentivar a cultura Seis Sigma
- Resultados dos projetos traduzidos para a linguagem financeira
- Projetos Seis Sigma associados às metas prioritárias da empresa
- Dedicação dos especialistas do Seis Sigma ao desenvolvimento dos projetos;
- Primeiros resultados devem ser concretizados no curto prazo;
- Integração do Seis Sigma à realidade da empresa, especialmente a outros programas de qualidade existentes;
- Especialistas com o perfil adequado;
- Ampla divulgação em todos os níveis da empresa das etapas da implantação e dos resultados alcançados;
- Uso das ferramentas adequadas.

Capítulo III
Descrição da empresa

3.1. Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

A Votorantim Metais concentra sua produção em dois segmentos: níquel e zinco. Suas unidades produtivas, no Brasil, estão localizadas nos estados de Minas Gerais, São Paulo e Goiás. No exterior, a VM possui uma refinaria e uma mineradora no Peru.

A Votorantim Metais é a maior produtora de zinco das Américas e está entre as dez maiores produtoras mundiais. Em 2006, sua capacidade de produção alcançou a marca de 402,5 mil toneladas.

A Unidade de Negócio Zinco iniciou sua trajetória em 1956 com a criação da Companhia Mineira de Metais (CMM), em Três Marias, Minas Gerais. Em 2002, ampliou sua atuação com a aquisição da Companhia Paraibuna de Metais, instalada em Juiz de fora, também território mineiro.Em 2004, a Votorantim Metais conquista sua primeira unidade fora do país. A aquisição da Refíneria de Zinc Cajamarquilla, no Peru, reflete uma nova estratégia de crescimento do Grupo, que pretende ampliar sua atuação nos países da América Latina. No ano seguinte, uma nova conquista. A VM adquire 24,9% das ações da Companhia Minera Milpo, quarta maior mineradora de zinco do Peru.

Hoje, a VM mantém, no Brasil, duas minas nas cidades de Vazante e Paracatu (Morro Agudo) e duas unidades industriais, uma em Três Marias e outra em Juiz de Fora, todas em Minas Gerais.

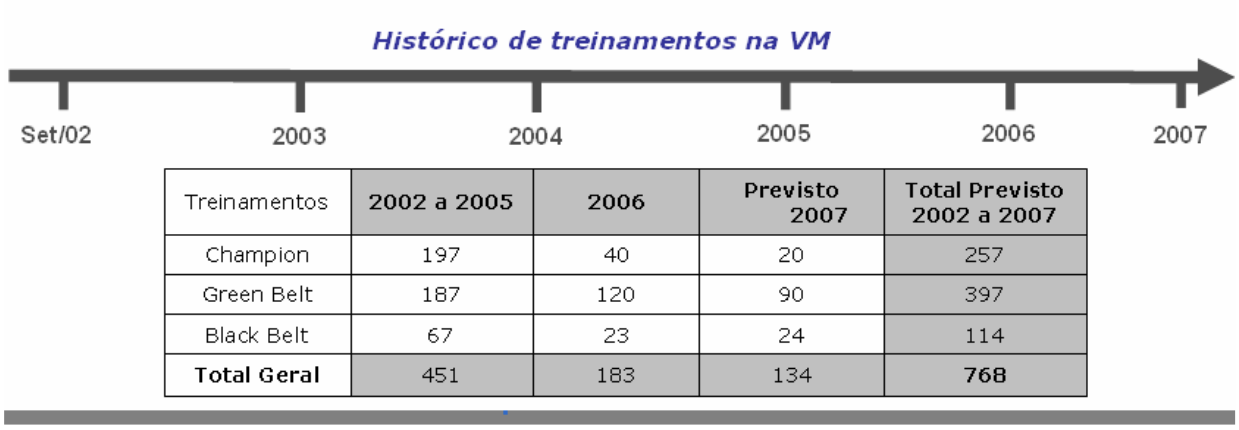
A Unidade de Juiz de Fora, atua no setor de metalurgia. Este setor apresenta relevante expressão no cenário econômico brasileiro, como se pode inferir dos dados econômicos nacionais. O PIB setorial, que foi da ordem de US$ 28,8 bilhões em 2006, representa 2,7% do PIB nacional e 9% do PIB industrial. Entre 1970 e 2006, a participação da metalurgia no PIB industrial mereceu sempre um lugar de destaque, situando-se entre 7 e 9% e na economia brasileira sua contribuição oscilou em torno de 3%. Seu papel, na economia, eleva-se substancialmente quando se consideram as atividades econômicas seqüenciais à metalurgia, consumidoras de seus produtos, como a indústria automobilística, a de bens de capital e a de construção civil, entre outras. Especialmente este aspecto deve ser lembrado quando se considera o progresso de uma nação. Sem uma indústria de base forte, a estabilidade dos setores terciários e da indústria com tecnologia de ponta fica mais vulnerável aos efeitos da economia mundial e os reflexos socioeconômicos que daí advém podem ser facilmente imaginados.

3.2 Modelo Seis Sigma Votorantim Metais

O Seis Sigma foi a metodologia escolhida para suportar os projetos de criação de valor decorrentes de estudos de *benchmarking* realizado pela organização em 2002.

Dentre os benefícios observados com a implantação da metodologia podemos citar: ganhos na ordem de 110 milhões de reais, um maior conhecimento dos processos e suas interações e a formação de líderes nas empresas.

Esse resultado deve-se ao comprometimento da alta direção com o programa, à integração do Seis Sigma com o Sistema de Gestão Votorantim, e pelo fato de os Projetos serem definidos com base nas metas e planejamento estratégico das empresas.



Treinamentos	2002 a 2005	2006	Previsto 2007	Total Previsto 2002 a 2007
Champion	197	40	20	257
Green Belt	187	120	90	397
Black Belt	67	23	24	114
Total Geral	451	183	134	**768**

Figura 5: Histórico de Treinamentos VMZ-JF
Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

Capítulo IV
A prática de um projeto Seis Sigma

Após o embasamento teórico das etapas anteriores será apresentado um projeto real de aplicação da metodologia, visando demonstrar a aplicabilidade prática das ferramentas e o retorno que elas podem oferecer.

4.1 Descrição do Projeto

Um dos principais produtos da Votorantim Metais Zinco de Juiz de Fora (VMZ-JF) são as ligas de Zinco (Zn). Um tipo especial de liga produzida é comercialmente conhecida como ZAMAC. Os produtos ZAMAC são ligas de zinco, contendo diferentes teores de alumínio, cobre e magnésio, utilizadas nos processos de fundição sob pressão e fundição por centrifugação. São utilizadas principalmente pelas indústrias de ferragens, autopeças, moveleira e calçadista.

Esse projeto teve o objetivo de aumentar a produção de Ligas de ZAMAC na fundição da Votorantim Metais, unidade de Juiz de Fora. O aumento da produção dessas ligas é uma grande oportunidade para VM - JF, visto que ela possui um grande mercado consumidor e estes produtos possuem um alto valor agregado.

O aumento da produção de ligas de Zn está alinhado às estratégias da empresa uma vez que o prêmio capturado com a venda destas ligas é bastante significativo para a organização. A meta do projeto é aumentar a produtividade de ligas para 1,68 ton/h até 31/12/04, com isso, os ganhos previstos são de R$ 1.485.000,00/ ano.

Este estudo abrange somente as ligas ZAMAC 5 e ZAMAC 8, produzidas pelos fornos 1, 5 e Lingoteira de ZAMAC. Como premissa deste trabalho foi considerada a disponibilidade de matéria prima, principalmente o Zn, visto que este depende da produção de folhas catódicas pela eletrólise e da programação de produção dos outros produtos.

Para o desenvolvimento do projeto foi firmado um contrato entre as partes envolvidas no projeto e a equipe que será responsável pela condução do projeto, formada por especialistas técnicos, um *Black Belt* que liderou a equipe e um *Champion* que foi o responsável por acompanhar o projeto e prover recursos para sua realização.

4.2 Etapa de Definição

O primeiro passo para a realização do projeto foi entender como funciona o processo de produção das ligas de ZAMAC. Nele a lingoteira de ZAMAC opera juntamente com os fornos 1 e 5. Os fornos 1 e 5 recebem o zinco líquido via forno A ou B (fornos de fusão de folhas), daí então são adicionados outros elementos para compor as ligas de Zn (preparação do banho). Após a preparação do banho, a liga de Zn no estado líquido é bombeada para a lingoteira. Na lingoteira a liga passa por um processo de resfriamento e montagem de pacotes. Estes pacotes são compostos pelo lingotes de ZAMAC. Depois de todo este processo os pacotes são retirados da lingoteira por uma empilhadeira e conduzidos para a área de cintamento e expedição.

Pelo gráfico seqüencial abaixo (Figura 6) podemos verificar como variou a produção de ligas ZAMAC ao longo dos 12 meses que antecedem o projeto (ago/03 a jul/04). A média da produção dessas ligas neste período foi de 1016,73 ton/mês, ou de, aproximadamente, 1,39 ton/h

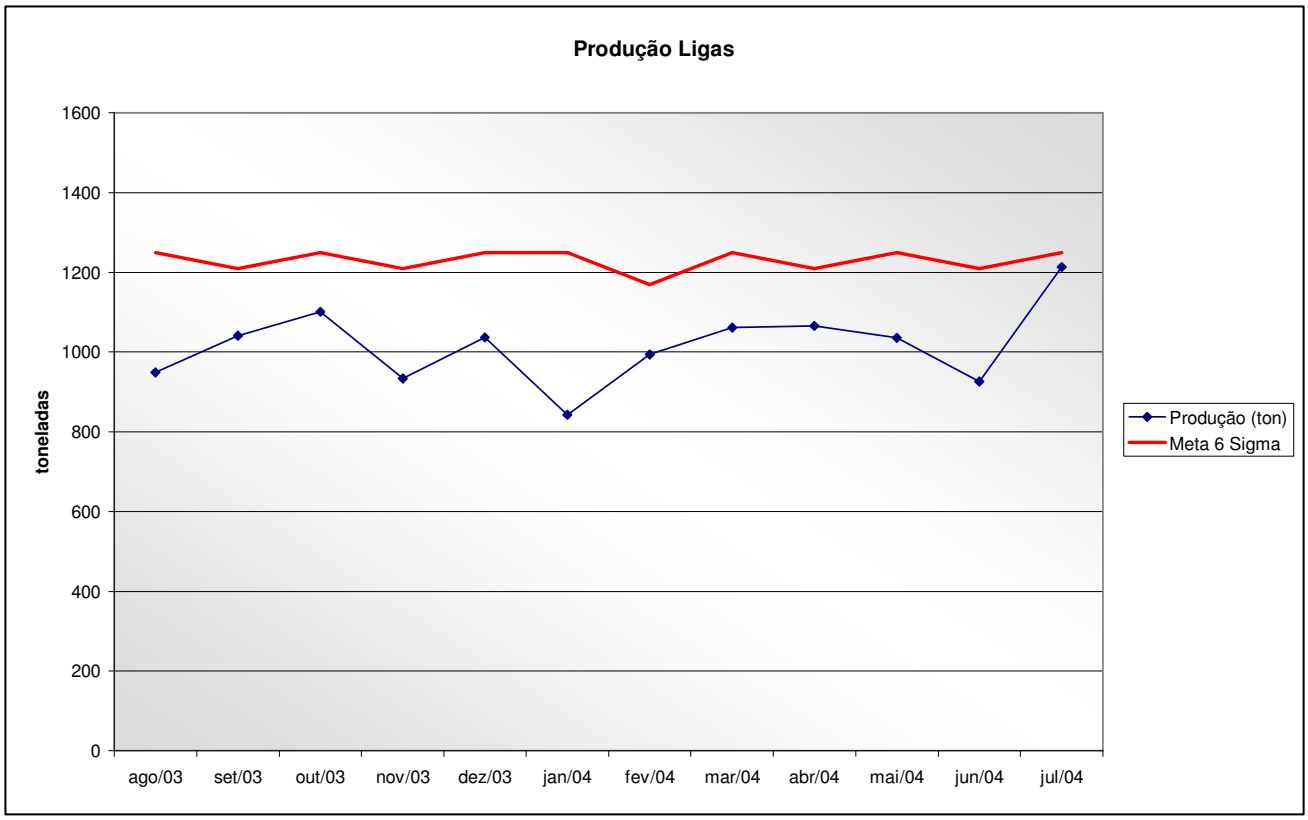


Figura 6: Produção de Ligas VMZ-JF
Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

O cálculo do retorno financeiro foi realizado considerando a média da produção de ZAMAC 5 meses antes do início do projeto, que era de 1,39 ton/h e a meta estipulado do projeto que é de 1,68 ton/h. Para o valor de todos os custos foi utilizada a base orçamentária de 2004. No Anexo 1 encontra-se o Memorial de Cálculo do Projeto.

Para a visualização global do processo, foi utilizada a matriz SIPOC (ANEXO 2), permitindo a delimitação da área de atuação do projeto, que vai desde o enchimento do forno até o empacotamento dos lingotes.

Para este projeto foi esperado um retorno financeiro de aproximadamente R$ 1.485.000,00 /ano, além do aumento de Confiabilidade de abastecimento nos clientes, aumento da disponibilidade dos equipamentos de produção, maior índice de performance comparado com o tempo de operação real e melhor utilização dos ativos empregados na produção de ligas.

4.3 Etapa de Medição

Para o início da etapa de medição é importante observar se os dados levantados são confiáveis para focalizar o problema, no caso deste projeto os dados da produção são confiáveis pois são coletados através de uma balança digital, sendo que esta balança encontra-se no plano de verificação/calibração periódica da unidade. Na planilha a produção é apontada considerando-se o turno de trabalho e o forno utilizado para a produção. No Anexo 3 está uma cópia do Plano de Calibração da balança citada

A estratificação inicial proposta é por: Período, Operador (Equipe) e Equipamento
A amostra considerada para o início dos trabalhos nesta etapa são os dados obtidos a partir do mês de maio/04 e até o julho/04.

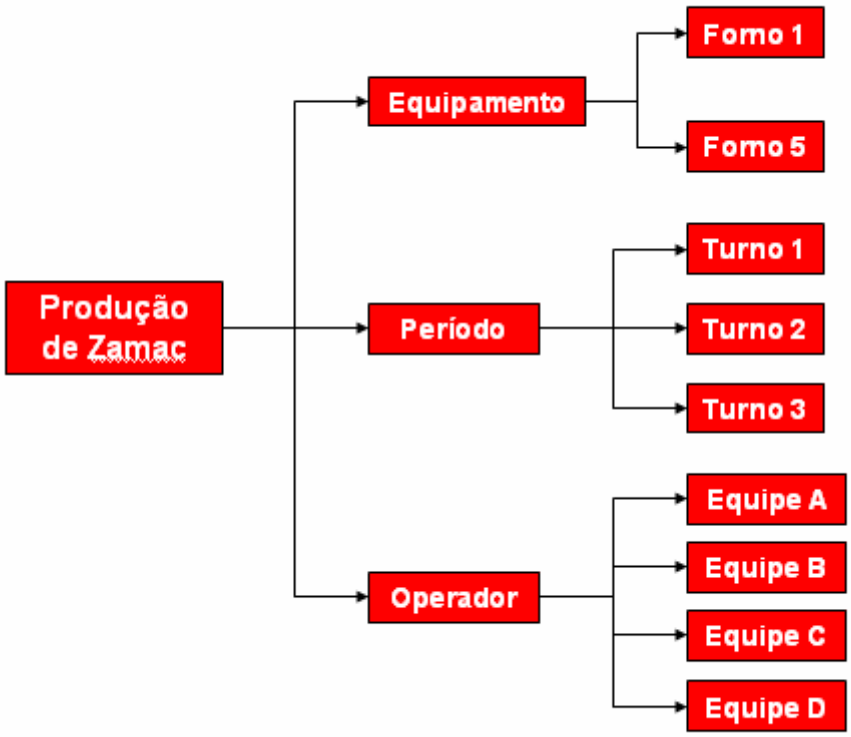


Figura 7: Estratificação: equipamento, período de operação e equipe

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

Para o cálculo da capacidade do processo os dados variáveis foram transformados em discretos e partir destes dados discretos, foi calculada a capacidade. Os dados serão "discretizados" utilizando o seguinte critério: valor acima da meta = "OK" ; valor abaixo da meta = "Não OK". Para o cálculo da capacidade foram utilizados os valores de produção de ZAMAC de janeiro a julho de 2004, a fim de se obter um período razoável de tempo para que ocorressem todas as possíveis fontes de variação no processo.

Variável	Defeitos	Unidades	Oport	Total Oport	DPU	DPO	DPMO	Shift	Capabilidade Long Term	Sigma
	D	U	OP	TOP	DPU	DPO	DPMO	Shift	Sigma-L	Z.B
Produção de Zamac	157	198	1	198	0,7929	0,792929	792929	1,5	-0,80	0,70

Campos de Entrada		
	D	Número Total de Defeitos
	U	Número Total de Unidades
	OP	Número de Oportunidades
	Shift	Sigma Shift (Default: 1.5)

Campos Calculados		
	TOP	U*OP
	DPU	D/U
	DPO	D/TOP = D/(U*OP)
	DPMO	DPO * 1000000
	Sigma-L	Nível Sigma Long Term
	Z.B.	(Sigma-L)+Shift

Capacidade = 0,7 σ

Figura 8: Cálculo da Capacidade Sigma do Processo Inicial

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

A capacidade Sigma calculada para o processo de produção de ligas é de 0,7 σ e um DPMO de 792929.

Pela Figura 9, Podemos verificar que existe uma grande variabilidade (grande amplitude) da produção da Lingoteira de ZAMAC. Pode-se perceber também que a maioria dos valores de produção está abaixo da meta estipulada para o projeto, conforme identificado nos valores da Mediana e do Q3.

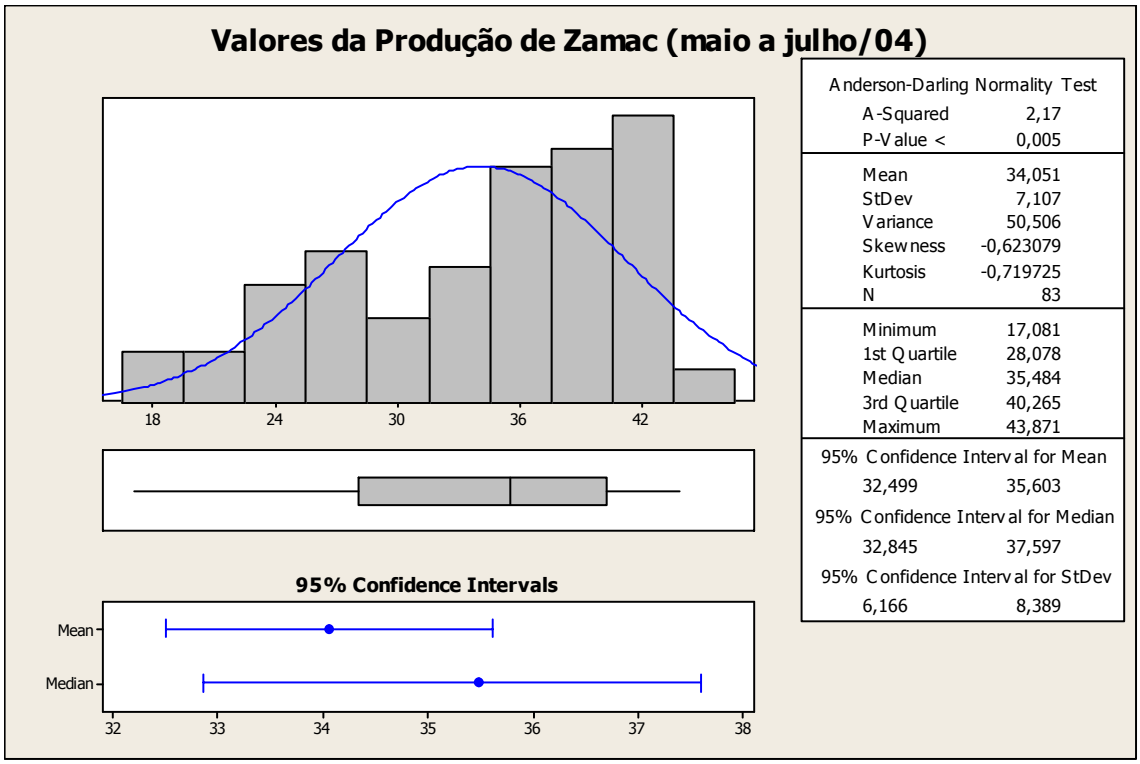


Figura 9: Comportamento da Produção da Lingoteira de Zamac

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

Através das cartas Xbar R (Figura 10), pode-se perceber que a produção está fora de controle estatístico, com descontrole tanto na carta Xbar como na carta R. Isto evidencia que o processo está sob a influência tanto de causas comuns como de causas especiais ao processo e que o processo não possui previsibilidade. Evidenciam também problemas de curto e longo prazo no processo de produção de ZAMAC. No final da carta Xbar também é possível identificar uma mudança no processo, ou seja, aumento da média de produção por turnos.

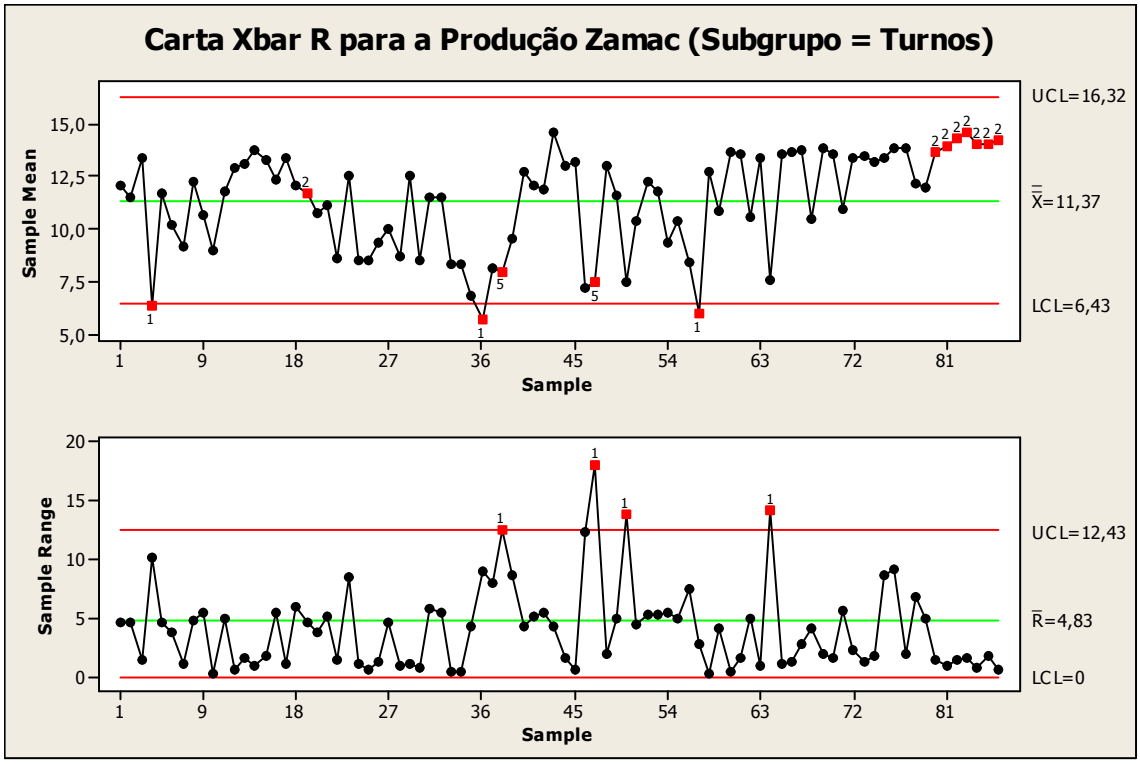


Figura 10: Cartas Xbar R para a Produção de Zamac

(Subgrupo = turnos de trabalho)

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

Obs.: Apesar da distribuição não ser Normal, a carta Xbar R foi construída levando-se em consideração o que diz o Teorema do Limite Central, ou seja, a distribuição das médias se aproxima de uma distribuição Normal mesmo que a distribuição dos valores individuais não seja Normal.

Não existe uma grande diferença na produção da lingoteira de ZAMAC ao longo dos turnos de produção. O que podemos verificar é que no Turno 2 (07:00 as 15:00), que corresponde ao horário administrativo, a produção é um pouco menor em comparação aos outros turnos de trabalho. Esta influência do turno na produção será melhor estudada na etapa de analise. No entanto, podemos visualizar na figura 12, que para todos os turnos a

produção está menor que a meta estipulada para o projeto, considerando 13,44 ton/turno como meta (equivalente a meta diária dividida pelos 3 turnos de produção).

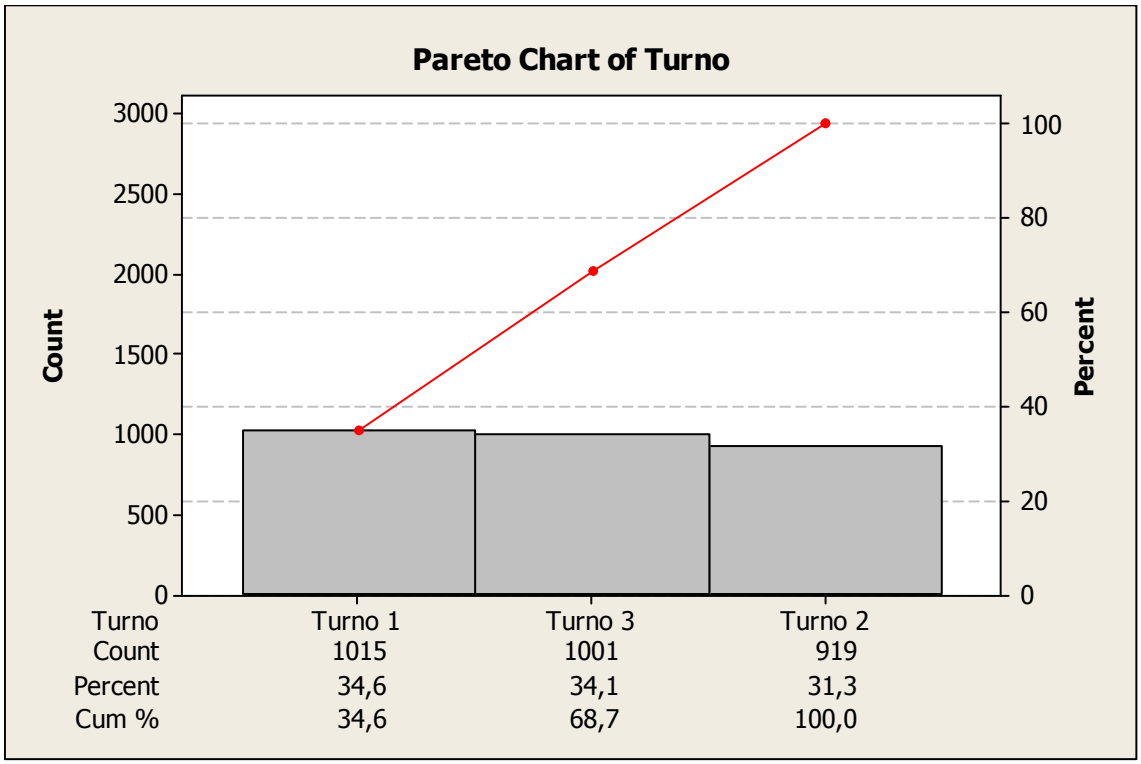


Figura 11: Estratificação das Produções por Turnos de Trabalho

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

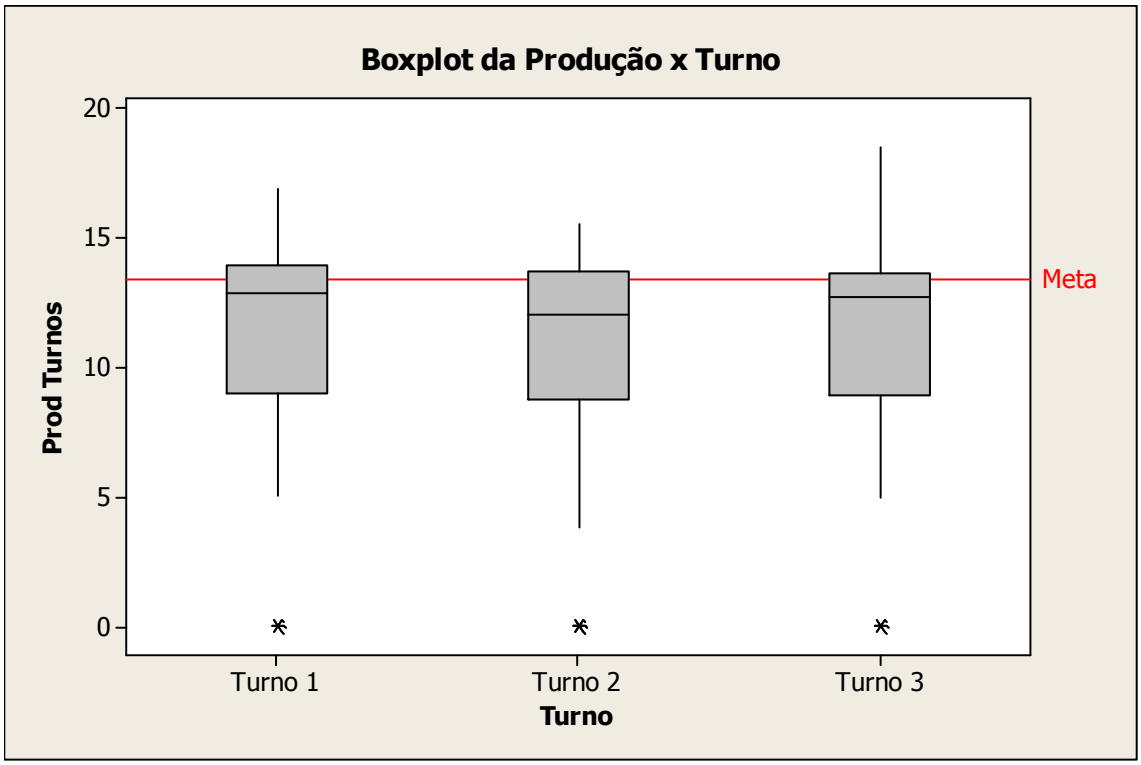


Figura 12: Estratificação das Produções por Turnos de Trabalho

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

Existe uma diferença na produção de ZAMAC quando estratificamos pelos fornos que foram utilizados (Figura 13), no entanto esta variação não é muito significativa e também já era esperada devido a diferença de capacidade de cada um dos fornos, ou seja, o Forno 1 possui uma capacidade de processamento (em toneladas) maior que o Forno 5.

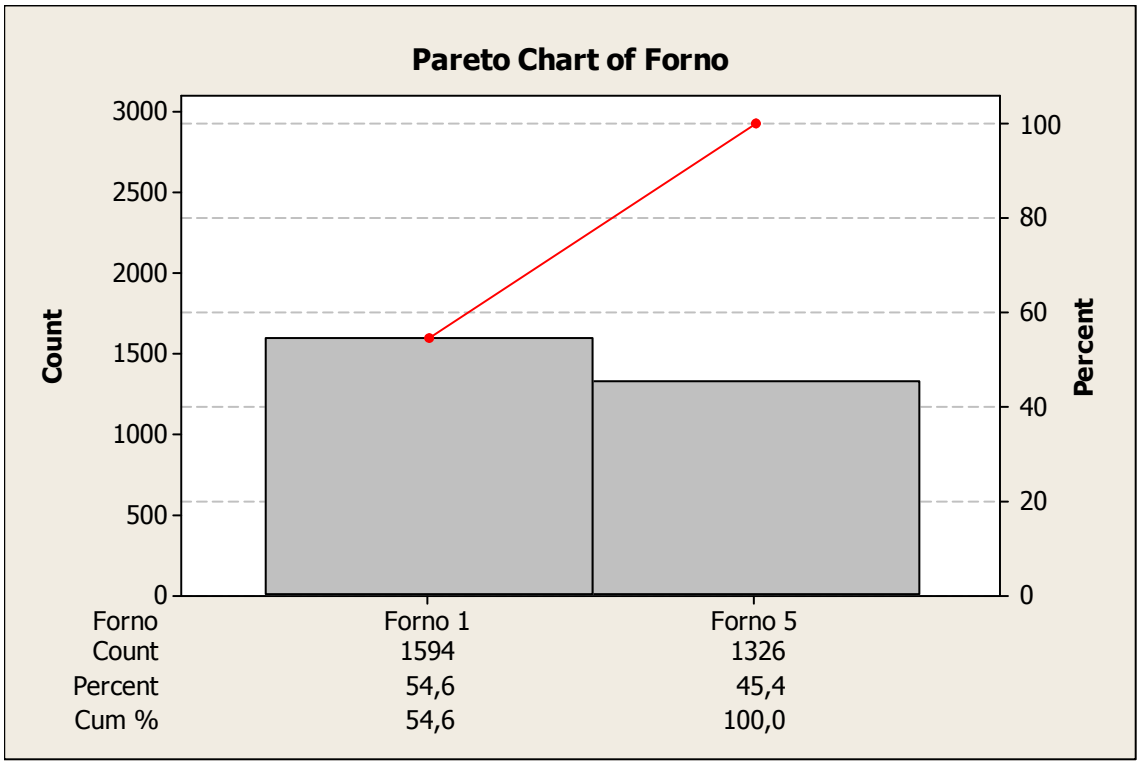


Figura 13: Pareto da Produção de Zamac x Forno Utilizado

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

Pode-se verificar na Figura 14, que não existe uma diferença significativa para a produção entre as equipes de produção (pela análise gráfica não é possível perceber uma diferença significativa). A equipe C possui a maior dispersão dos resultados, no entanto foi a equipe que conseguiu maiores níveis de produção. A equipe B apresentou a menor variação de resultados comparado com as outras equipes. A equipe A foi a que apresentou o maior número de valores de produção mais próximos da meta estipulada para o projeto. A influência das equipes nos valores de produção será melhor estudada durante a etapa de análise.

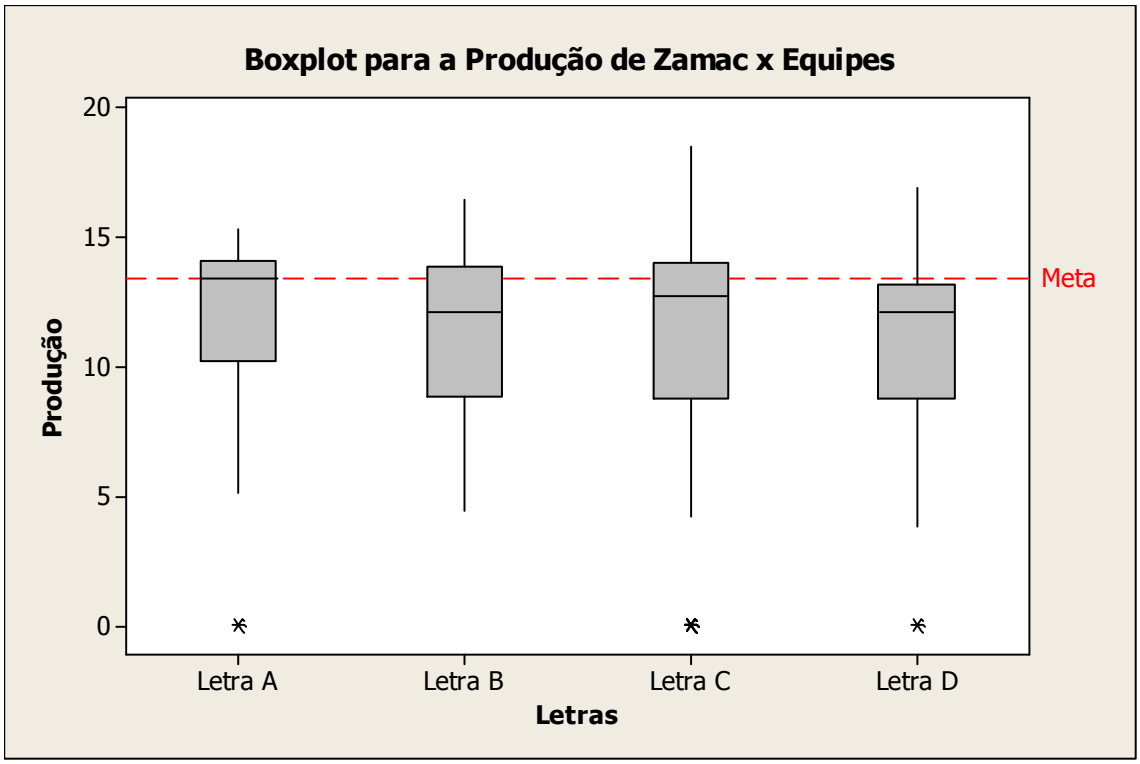


Figura 14: Estratificação das Produções por Equipes de Produção

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

4.4 Etapa de Análise:

Todos os problemas prioritários identificados na etapa anterior e que fazem parte da área de atuação do projeto estão contidos no Mapa de Processo elaborado (ANEXO 4). Dentro deste Mapa de Processo foram identificados 37 possíveis fontes de variação diferentes.

A fim de ordenar e classificar estas fontes de variação, foi elaborado uma Matriz de Causa Efeito junto com a equipe do projeto. Nesta matriz utilizou-se o teorema de Pareto (80 – 20) para classificar as fontes de variação principais a serem estudadas na etapa de análise do problema. No Anexo 5 encontra a relação das fontes de variação já classificadas.

Para verificar com maior precisão a diferença entre as equipes realizou-se um Teste de Hipóteses (figura 15) e verificou-se que a Letra A se destaca em relação as outras (com 95% de confiança). Esta apresenta um nível de produção superior significativo em relação as outras equipes.

```
Mood Median Test: Produção 2 versus Letra 2

Chi-Square = 11,73     DF = 3     P = 0,008
                                   Individual 95,0% CIs
Letra 2   N<=   N>   Median   Q3-Q1  -------+---------+---------+---------
Letra A    44   76    13,27    4,52                              (---*---)
Letra B    65   55    12,55    4,94          (---------------*---)
Letra C    69   54    12,47    5,08  (----------------------*---)
Letra D    64   56    12,65    4,33                       (---*--)
                                   -------+---------+---------+---------
                                       11,20     12,00     12,80
Overall median = 12,70
```

Figura 15: Mood's Median Test (Produção x Letra)

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

Obs.: Como o valor de P (*P value*) é menor que 5%, podemos afirmar com 95% de confiança que a diferença entre as produções de cada uma das equipes não é natural do processo.

Pelo *Test for Equal Variances* (Figura 16), pode-se verificar que a Letra C possui uma diferença significativa da variação de sua produção em relação as outras equipes de produção.

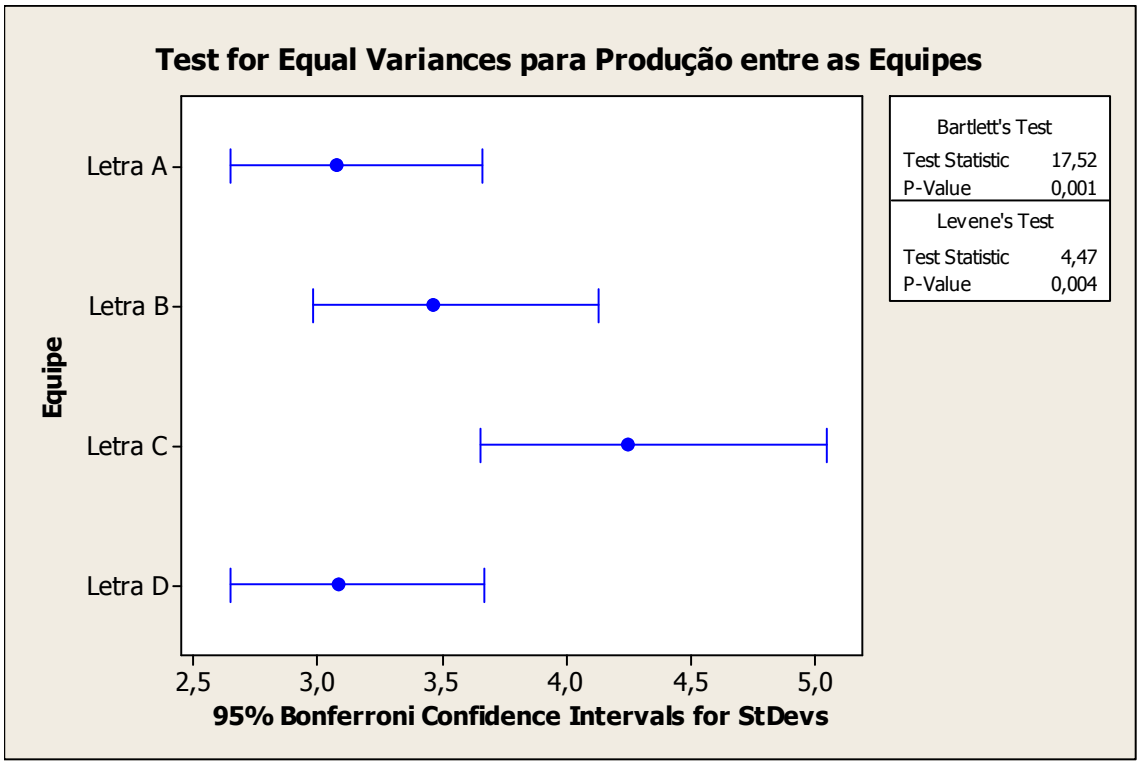


Figura 16: Test for Equal Variances (Produção x Letra)

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

Para os turnos de produção também foi realizado um Teste de Hipóteses (Figura 17) comparando a produção em cada turno e verificou-se que realmente não existe diferença significativa entre os turnos de produção (apenas variação natural do processo).

Mood Median Test: Prod Turnos versus Turno

```
Mood median test for Prod Turnos

Chi-Square = 1,95     DF = 2     P = 0,377

                                  Individual 95,0% CIs
Turno     N<=   N>   Median   Q3-Q1  ---+---------+---------+---------+---
Turno 1    39   47    12,83    4,95                            (--*----)
Turno 2    48   38    12,05    4,90  (----------------------*-----)
Turno 3    42   44    12,71    4,75                          (---*-)
                                  ---+---------+---------+---------+---
                                   9,6       10,8      12,0      13,2

Overall median = 12,6
```

Figura 17: Mood's Median Test (Produção x Turno)

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

Pela Figura 18 é possível perceber que o tempo real de operação da lingoteira de ZAMAC representa apenas 58,21% do tempo total (horas calendário). O restante do tempo é dividido entre paradas de manutenção e paradas operacionais.

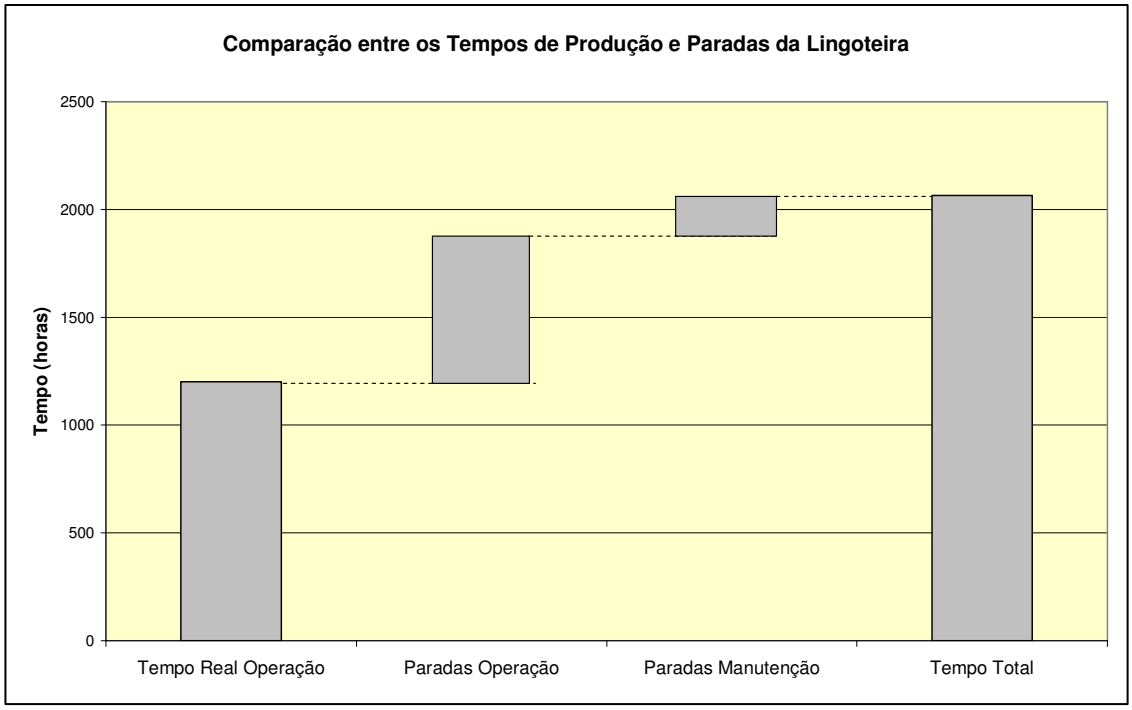


Figura 18: Tempos da Lingoteira de Zamac

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

Conforme podemos observar na Figura 19: Pareto para os Tempos de Paradas da Lingoteira de Zamac, na amostra considerada, de todo o tempo em que a lingoteira de ZAMAC ficou parada, 79% foi por motivos operacionais e 21% por motivos de manutenção.

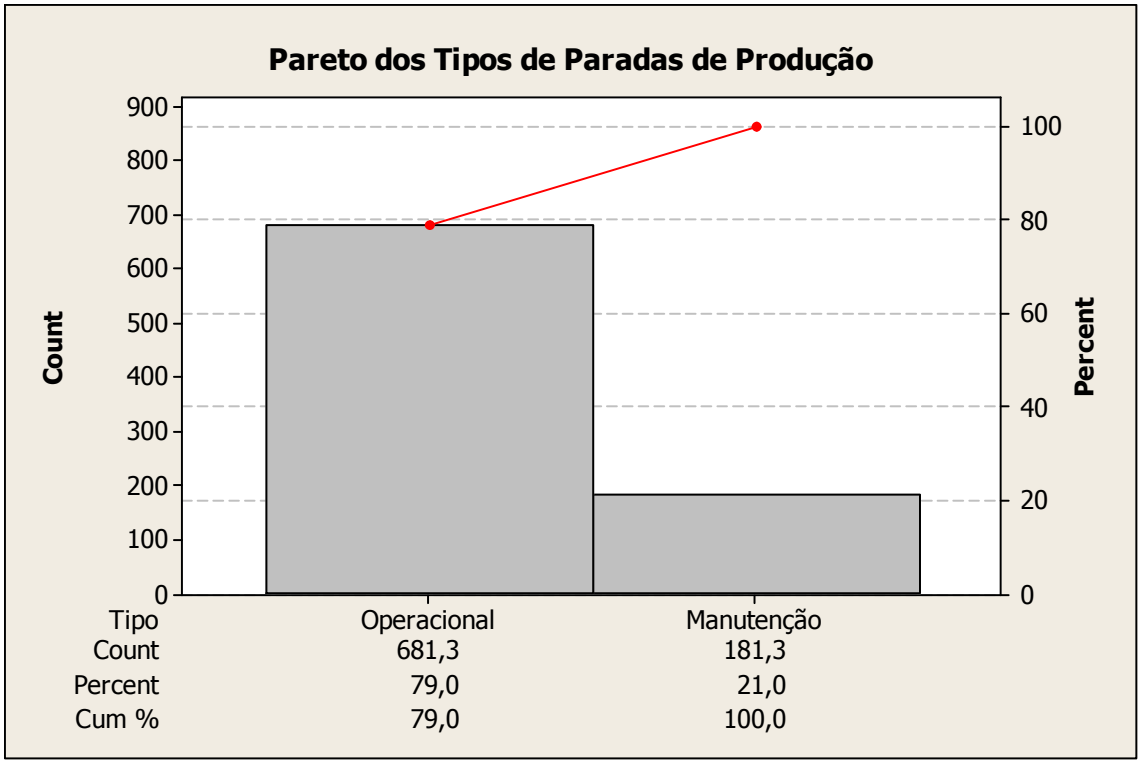


Figura 19: Pareto para os Tempos de Paradas da Lingoteira de Zamac

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

Através do Gráfico de Pareto (Figura 20) é possível identificar que mais de 85% do tempo de parada da lingoteira por motivos operacionais foram causados por: Preparação (Set up), Refeição \ Lanche, Reunião (início do turno) e Limpeza de equipamento.

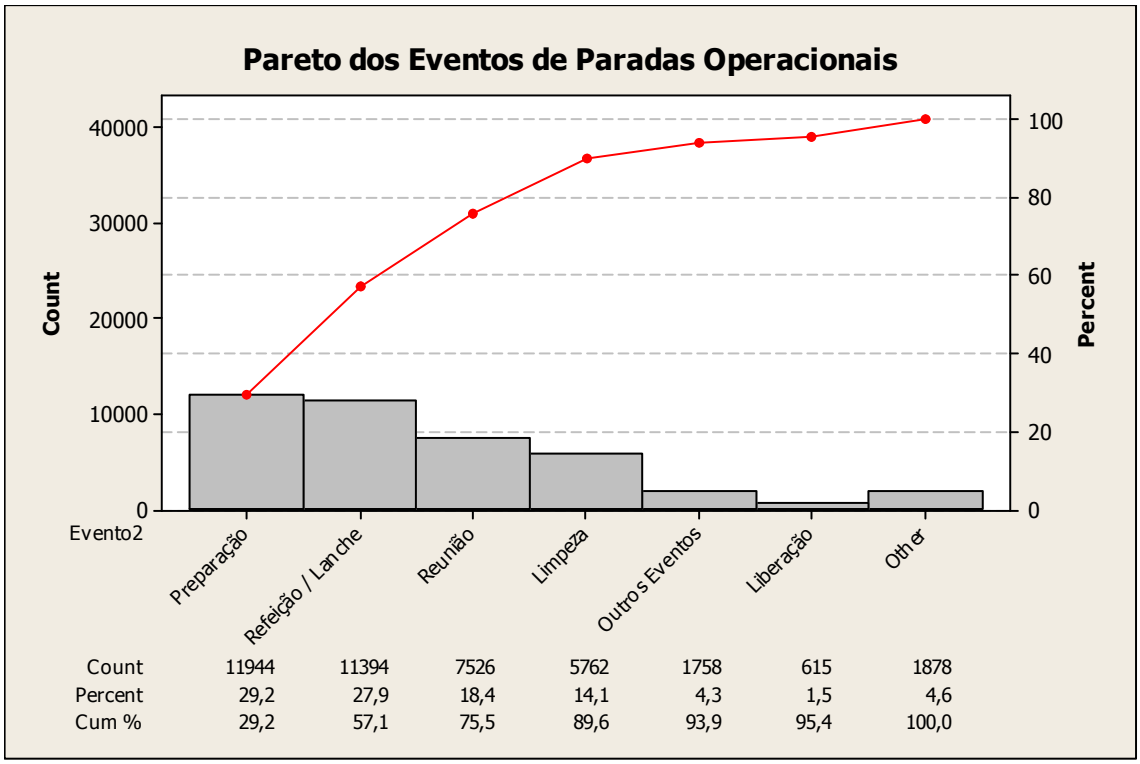


Figura 20: Pareto para os Tempos de Paradas Operacionais da Lingoteira de Zamac

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

Considerando as paradas da lingoteira por motivos de manutenção, 85,9% do tempo foi devido a falha de equipamento e 14,1% devido a manutenção preventiva do sistema da lingoteira. Na figura 21 encontra-se o Gráfico de Pareto para estes valores.

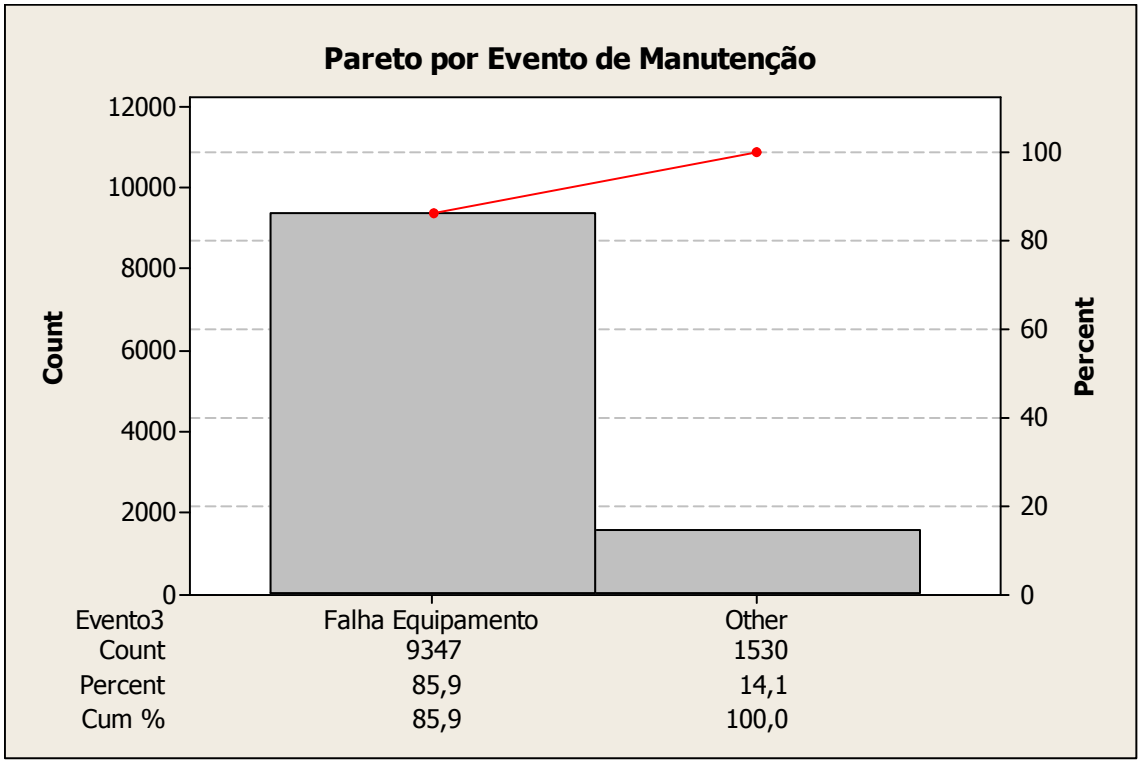


Figura 21: Pareto para os Tempos de Paradas de Manutenção da Lingoteira de Zamac

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

Pelo gráfico de Pareto apresentado no na figura 22 podemos verificar que os principais motivos para as falhas da lingoteira foram: Extrator de Pinos, Bomba e Sensor. Estes itens foram responsáveis por mais de 85% das paradas da Lingoteira

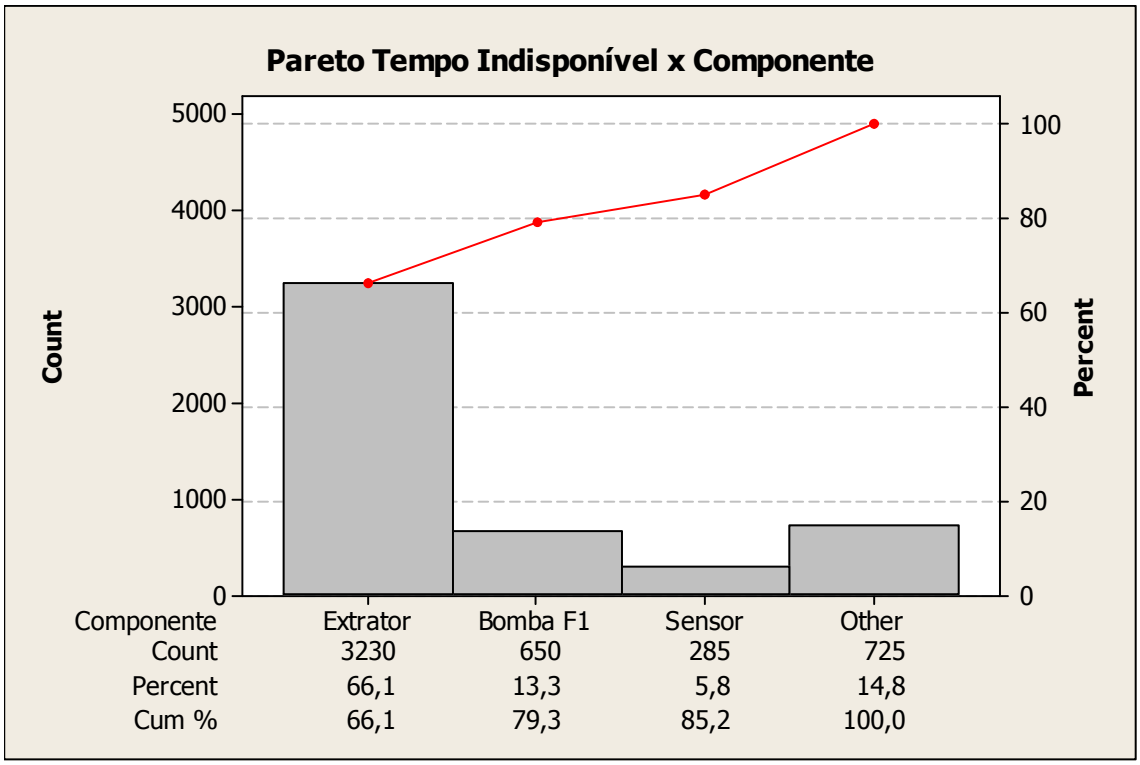


Figura 22: Pareto dos Componentes Causadores das Paradas de Manutenção da Lingoteira de Zamac

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

As quebras da lingoteira de ZAMAC independem da equipe de produção. Podemos verificar no gráfico de Pareto (Figura 23: Pareto dos Componentes Causadores das Paradas de Manutenção da Lingoteira de Zamac x Equipe de Produção) que, independente da equipe, os motivos de quebras são os mesmos e as freqüências são semelhantes.

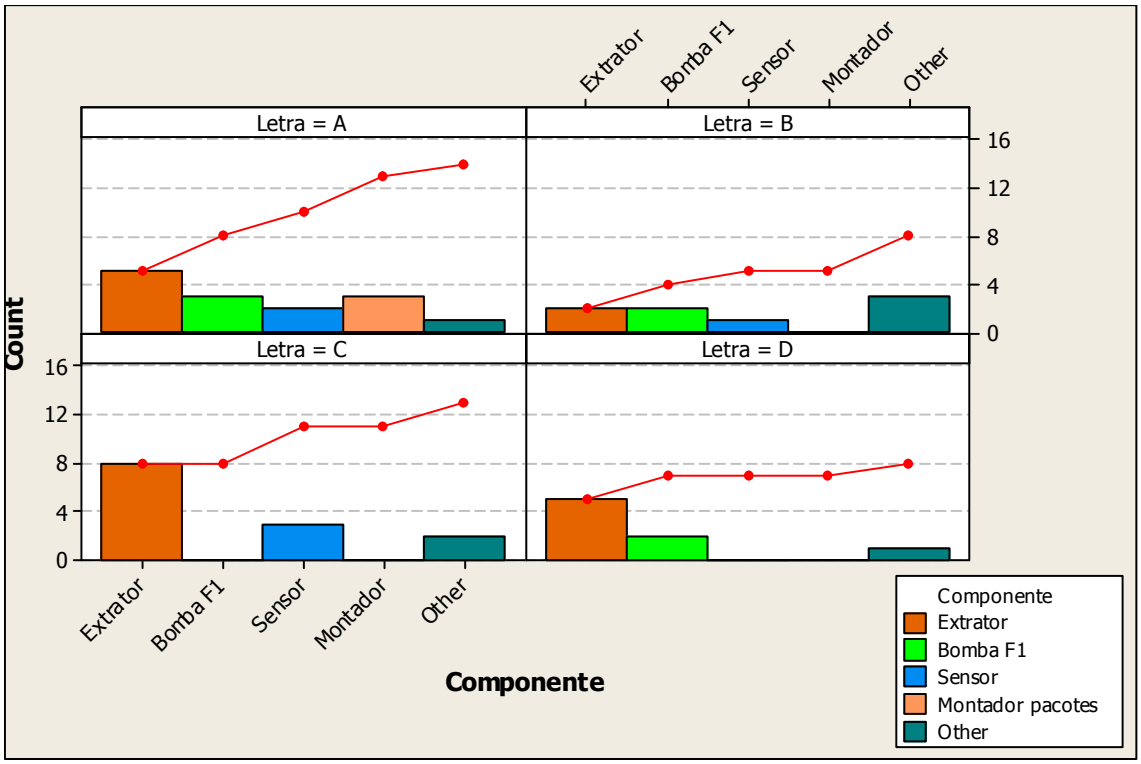


Figura 23: Pareto dos Componentes Causadores das Paradas de Manutenção da Lingoteira de Zamac x Equipe de Produção

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

4.5 Etapa de Melhoria:

Nesta etapa foi realizado um *Brainstorming* com a equipe do projeto e montado um plano de ação para procurar eliminar/diminuir as causas observadas. As ações, responsáveis e datas estão contidos em um Plano de Ação que pode ser observado no Anexo 6.

Não houve a necessidade de priorizar as ações propostas, pois o número de ações não é muito grande, foram bem distribuídas entre os membros da equipe, além de que algumas já haviam iniciado.

As ações propostas foram focadas nos três motivos principais da baixa produtividade identificados na etapa de analise, ou seja**, diferença do nível de produção entre as equipes** (letra A maior e grande variabilidade da letra C), **quebra do extrator de lingotes** e **tempo de parada operacional elevado** (preparação, lanche, reunião e limpeza).

Para a busca do equilibrar as diferenças de produtividade entre as equipes foi realizada uma verificação *in loco* dos procedimentos adotados por cada um dos operadores de cada equipe de produção, principalmente aqueles adotados pela letra A sabendo que esta possui um nível de produtividade maior que os outros. A partir daí, as boas práticas adotadas pela equipe que se destacou será repassado para as demais equipes. Toda a operação será acompanhada, mas principalmente a limpeza e preparação do banho, pois são as atividades que gastam um maior tempo.

Para eliminar as paradas devido a quebras do extrator de lingotes, foi solicitado à Engenharia de Manutenção um trabalho com foco em modificar o sistema de extração de lingotes.

Para minimizar o tempo gasto com procedimentos operacionais como limpeza, reunião e preparação foi estabelecida uma estratégia buscando unificar estas operações, ou seja:

- adequar as trocas de turno / limpeza de equipamento alocando 1 operador para limpeza dos fornos durante as reuniões e fazer o rodízio deste operador durante os dias de trabalho;

- implementar sistema de preparação do banho durante as trocas de turno (também alocando 1 operador e fazendo o rodízio deste durante os dias de trabalho);

- sempre priorizar o início do turno lingotando o banho do Forno 1 (mesmo que o Forno 5 esteja cheio, preparar e lingotar primeiro o Forno 1).

Com essas modificações, os tempos gastos principalmente com preparação dos fornos e reunião ficam sobrepostos, o que o torna o processo mais rápido.

Além destas ações, também foi definido que as refusões de outras ligas não poderão mais ser realizadas no forno 5, pois este procedimento aumenta o tempo de preparação, visto que o forno gasta mais tempo para fundir o material.

Foi definido como piloto a equipe A para implementar as ações propostas e testar os resultados. Após a implementação destes novos procedimentos operacionais foi realizado um Teste de Hipóteses (*Mood's Median Test*) comparando as produções antes e depois da implementação destes novos procedimentos e o resultado foi que realmente houve uma diferença significativa na produtividade de ZAMAC, ou seja, pode-se afirmar com 95% de confiança que a produtividade aumentou (Figura 24).

Para garantir ainda mais a credibilidade desta afirmação, o mesmo teste de hipóteses foi realizado para todas as outras equipes (considerando o mesmo período de tempo) e em nenhuma delas foi verificado um aumento da produtividade (Figuras 25 26 e 27).

```
Mood Median Test: Teste Produção versus Modificação


Mood median test for Teste Produção

Chi-Square = 6,96    DF = 1    P = 0,008
                                                Individual 95,0% CIs
Modificação  N<=  N>  Median  Q3-Q1     +---------+---------+---------+------
Antes         66  54   13,27   4,52     (----*------)
Depois         5  16   14,73   2,55                        (---------------*)
                                        +---------+---------+---------+------
                                     13,00     13,50     14,00     14,50
Overall median = 13,44
```

Figura 24: Mood's Median Test (Produção antes x Produção depois) Letra A

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

```
Mood median test for Letra B
Chi-Square = 2,66    DF = 1    P = 0,103
                                     Individual 95,0% CIs
Período  N<=  N>  Median  Q3-Q1  -------+---------+---------+---------
Antes      8  15   14,08   5,14  (------------------------------*-)
Depois    64  56   12,55   4,94              (--------*-)
                               -------+---------+---------+---------
                                   10,5      12,0      13,5
Overall median = 12,60
```

=> Letra B (P valor > 5%)

Figura 25: Mood's Median Test (Produção antes x Produção depois) Letra B

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

```
Mood median test for Letra C
Chi-Square = 0,00    DF = 1    P = 0,972
                                        Individual 95,0% CIs
Período  N<=  N>  Median  Q3-Q1  ---------+---------+---------+-------
Antes     62  61   12,47   5,08            (-----------*-)
Depois    11  11   11,33   4,65  (--------------*--------------)
                                ---------+---------+---------+-------
                                      10,5      12,0      13,5
Overall median = 12,47
```

=> Letra C (P valor > 5%)

Figura 26: Mood's Median Test (Produção antes x Produção depois) Letra C

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

```
Mood median test for Letra D
Chi-Square = 1,48    DF = 1    P = 0,223

                                Individual 95,0% CIs
Período  N<=  N>  Median  Q3-Q1  -----+---------+---------+---------+-
Antes     63  57   12,65   4,33                   (-*-)
Depois     8  13   14,08   4,52  (----------------------------*)
                                -----+---------+---------+---------+-
                                  10,5      12,0      13,5      15,0

Overall median = 12,67
```

=> Letra D (P valor > 5%)

Figura 27: Mood's Median Test (Produção antes x Produção depois) Letra D

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

Os resultados foram verificados considerando a produção por turno (três valores de produção a cada dia) durante todo o mês de janeiro/05. A média da produção aumentou para 1,66 ton/h e a mediana para 1,80 ton/h. Lembrando que a meta era de 1,68 ton/h, o valor absoluto alcançado é apenas 1,19% menor que a meta. Analisando também o Boxplot que encontra-se na Figura 29,, pode-se perceber uma grande melhoria do processo (aumento do nível de produção), em especial ao valor da mediana da produção que ultrapassou a meta. A média da produção também teve uma grande melhoria, ficando em um valor muito próximo da meta do projeto.

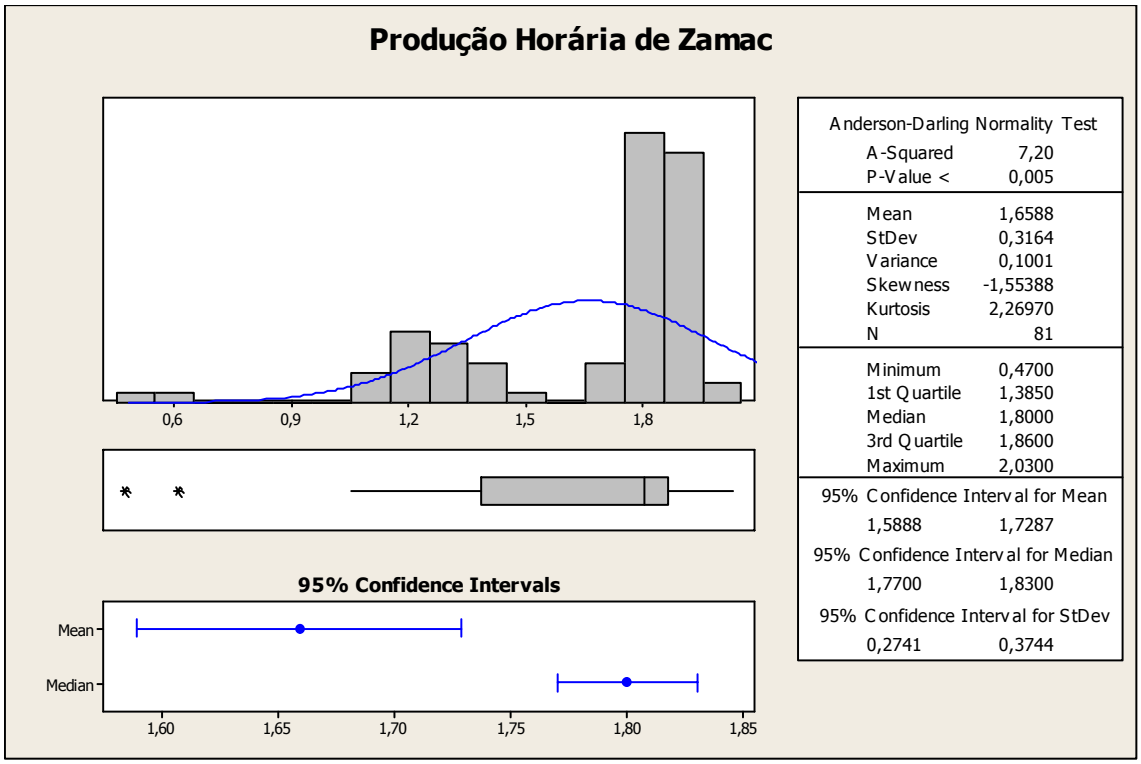


Figura 28: Verificação do Resultado – Produção horária de ZAMAC

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

A produção média de ZAMAC passou para 1,71 ton/h (lembrando que a meta era de 1,68 ton/h). Durante o período analisado, a grande maioria dos valores pontuais da produção ultrapassou a meta inicial do projeto.

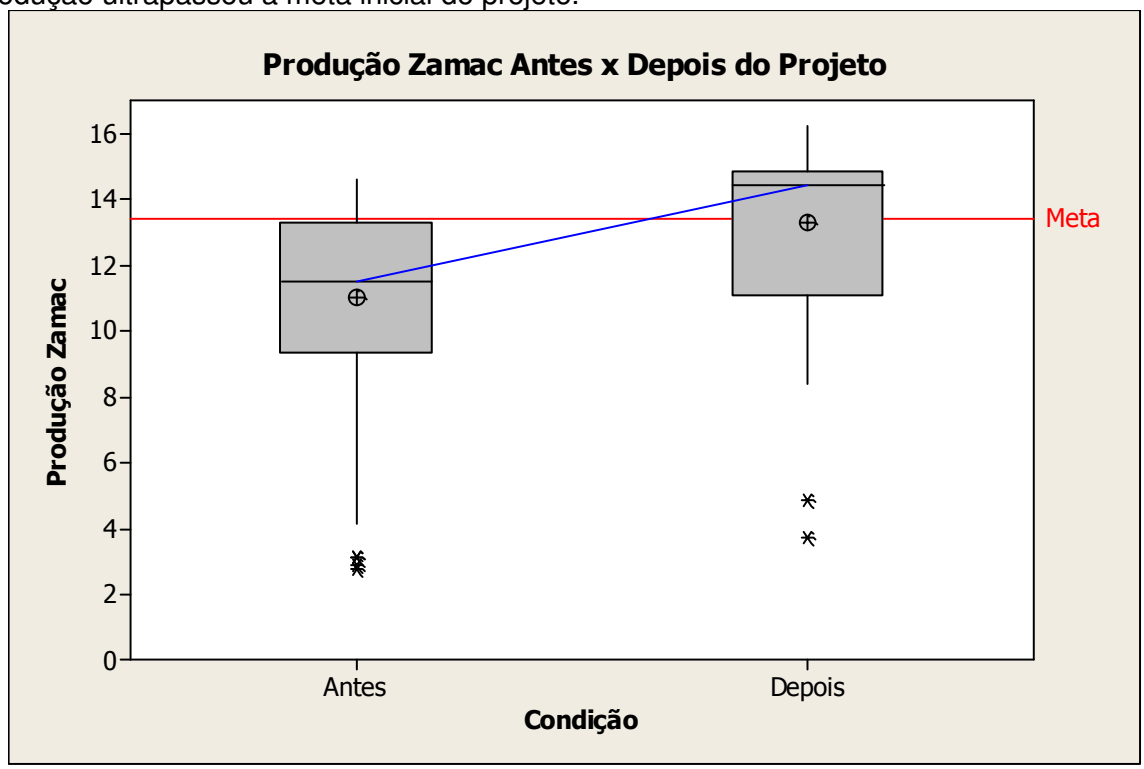


Figura 29: Box-Plot Verificação do Resultado

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

O cumprimento da meta do projeto é evidenciado através de um Teste de Hipóteses para verificar se a mediana da produção foi maior que o valor estabelecido como meta (1,68 ton/h). A mediana será utilizada para este teste, pois como não se trata de uma distribuição normal, a média não representa muito bem os dados de produção horária.
A figura 30 mostra o resultado deste Teste de Hipóteses.

```
Sign Test for Median: prod hora

Sign test of median =  1,680 versus > 1,680

                N  Below  Equal  Above       P  Median
prod hora  81     23      1     57  0,0001   1,80
```

=>P valor < 5%

Figura 30: Verificação do Resultado

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

Após a implementação das melhorias o processo apresentou uma capabilidade de 2,07 σ (antes do projeto era de 0,7 σ) e um novo DPMO de 283951 (antes do projeto era de 792929).

Variável	Defeitos	Unidades	Oport	Total Oport	DPU	DPO	DPMO	Shift	Capabilidade Long Term	Sigma
	D	U	OP	TOP	DPU	DPO	DPMO	Shift	Sigma-L	Z.B
Prod. Zamac	48	203	2	406	0,2365	0,118227	118227	1,5	1,18	2,68

Capacidade = 2,68 σ

Figura 31: Verificação Capabilidade Final

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

Considerando os valores de produção atingidos durante o mês de janeiro/05, o retorno financeiro equivalente é de R$ 1.515.000,00 (ANEXO 7). É bom lembrar que este valor foi calculado utilizando a mesma forma e premissas utilizadas no cálculo do retorno previsto (etapa Definição).

4.6 Etapa de Controle:

As modificações implementadas na etapa de melhoria foram padronizadas por meio da revisão do padrão operacional, sendo que todas as modificações implementadas foram introduzidas neste padrão (PO-VM-ZINCO-JF-FD-015). Após essa modificação foi realizada uma reunião com cada um dos supervisores da Fundição e lhes explicado as alterações, bem como o motivo e propósito destas alterações. Os supervisores ficaram como responsáveis por repassar estas informações aos operadores da lingoteira de ZAMAC.

O plano de manutenção da lingoteira e fornos também foi revisado pela Engenharia de Manutenção. Foi utilizado nesta revisão do plano de manutenção um estudo de RCM (*Reliability Centred Maintenance*) que já estava concluído além das informações do projeto do novo extrator de lingotes.

Para facilitar a identificação de eventuais anomalias (produção abaixo do esperado), o gráfico que já era utilizado no programa de Manutenção Autônoma foi modificado e passou também a ser utilizado para acompanhar a produção corrida por corrida (ANEXO 8). Foi estabelecido também valores orçados para cada corrida de produção, facilitando assim para o operador e/ou supervisor acompanhar a tendência da produção de ZAMAC e verificar se ao longo do turno a produção caminha ou não para cumprir a meta. em anexo.

Para que o tratamento de possíveis desvios na produção ocorra de maneira satisfatória. foi elaborado e implementado um OCAP (*Out-of-Control Action Plan*) possuindo como ativador principal o gráfico que acompanha a produção a cada corrida de produção (ANEXO 9). Os operadores e supervisores da área foram consultados durante a elaboração deste OCAP e foram treinados na utilização quando concluído.

Capítulo V
Considerações finais

Após a realização deste estudo pode-se perceber a importância da quantificação das fontes de variação significativas ao processo produtivo, fornecendo uma base sólida para a tomada de decisão.

Foi observado também necessidade da quebra de alguns paradigmas, por exemplo: "não existe diferença significativa entre as equipes de produção", necessitando uma interação maior entre os times de operação, manutenção e supervisão.

As principais ferramentas usadas ao longo do projeto foram:

- Gráfico Seqüencial: verificação do comportamento ao longo do tempo do KPI em relação a meta;
- Boxplot: principalmente para identificar diferenças entre as equipes de trabalho e turnos de produção;
- Gráfico de Pareto: identificação dos principais itens causadores de quebras do equipamento e paradas operacionais;
- Teste de Hipóteses: confirmou o real impacto do X "equipe" na produção e também para verificação do cumprimento da meta;
- OCAP: auxilia no controle da continuidade das melhorias;

Outro ponto destacado ao longo do estudo está no ênfase do planejamento no DMAIC, sabe-se que quanto mais bem planejado o projeto, menor o tempo de implementação do mesmo e menor a probabilidade de erros e desvios inesperados.

Além disso a metodologia Seis Sigma fornece ferramentas de modo identificar as varáveis que realmente estão impactando no processo e assim a direcionar os esforços e ações de melhoria.

Ficou claro que ações simples como o estudo das diferenças na operação de cada uma das equipes e padronização destas atividades, a redução do tempo de preparação (setup) com o aproveitamento das trocas de turno e a adequação das trocas de turno e limpeza de equipamento, podem refletir em grandes ganhos financeiros para a organização.

O projeto teve duração total de 4,5 meses, sua meta (1,68 t/h) foi superada, atingindo 1,71ton/h. O nível sigma do processo foi aumentado de 0,7σ para 2,07σ, gerando um retorno financeiro de aproximadamente R$ 1.515.000,00/ano superando também a meta inicial que era de R$ 1.485.000,00/ ano.

Capítulo VI
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

AGUIAR, Silvio. Integração das ferramentas da qualidade ao PDCA e programa Seis Sigma. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5462**. Rio de Janeiro, 1994.

CAVANAGH, R. R. **The Six Sigma way**. New York: Mcgraw-Hill., 2000.

CAMPOS, V.F. TQC: Controle da Qualidade Total (no Estilo Japonês). 2ª. ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992. (Rio de Janeiro; Bloch Ed.)

CHAVES, L. E., et al. **Gestão da Qualidade**. Rio de Janeiro, FGV, 2007.

DESENVOLVIMENTO,V., 2008, Material de treinamento na metodologia Seis Sigma.

Elliott, G. The race to Six Sigma. Industrial Engineer, 35, no.10, pp. 30-35, out. 2003.

GEORGE, M. L., **Lean Six Sigma**. 2 ed. New York Amacom., 2003.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, George C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. 2.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003

VOTORANTIM METAIS – Institucional. <http://www.vmetais.com.br/pt-br/Institucional/unidadesNegocio/Paginas/unidadesNegocio.aspx> Acesso em: 20 Maio. 2009

PYZDEK, T., **The Six Sigma Project Planner** New York: Mcgraw-Hill., 2003.

ROTONDARO, R. G. (2002). Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços. São Paulo: Atlas.

SLACK, N., CHAMBERS, S., JOHNSTON, R., 2002, **Administração da Produção.** 2 ed. São Paulo, Atlas.

PANDE, P. NEUMAN, R. CAVANAGH, R. Estratégia Six Sigma: como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando o seu desempenho. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

WELCH, Jack. Jack Wech: segredos do executivo do século. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

Capítulo VII
Anexos

ANEXO 1

Retorno financeiro = Δ Produção Zamac x (PV Zamac 5 unit. - CV Zamac 5 unit.) - Δ Produção Ling. SHG x (PV SHG unit. - CV SHG unit.)

Retorno financeiro = R$ 1.485.000,00

Onde:
- PV => Preço de Venda;
- CV => Custo Variável;

Figura 32: Memorial de cálculo Inicial

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

ANEXO 2

S Suppliers FORNECEDORES	I Inputs INSUMOS	P Process PROCESSO	O Outputs PRODUTOS	C Customers CONSUMIDORES /
Forno B Rede de ar comprimido Central elétrica	Zn líquido Ar comprimido Energia elétrica	Receber o Zn líquido do Forno B nos Fornos 1 e 5	Fornos 1 e 5 cheios	Lingoteira de Zamac
Almoxarifado	Escorificante (Escoricol)	Adicionar escorificante	Escória para proteção superficial do banho	Fornos 1 e 5
Almoxarifado	Al Mg Cu	Adicionar as ligas	Liga preparada	Lingoteira de Zamac
Rede de ar comprimido	Ar comprimido	Homogeinizar o banho metálico	Banho líquido homogêneo	Lingoteira de Zamac
Rede ar comprimido Central elétrica	Ar comprimido Energia elétrica	Lingotar	Lingotes	Carro empilhador

Figura 33: SIPOC

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

ANEXO 3

Votorantim Metais
Companhia Paraibuna de Metais

LABORATÓRIO DE METROLOGIA

FORMULARIO DE AVALIAÇAO DE CALIBRAÇÃO

BALANÇA CODIGO: 02WB-0003 | [ ] ROTINA | [ ] QUINZENAL | [x] BIMESTRAL | [ ] FORA DE PROGRAMA

MARCA: TOLEDO | MODELO: JTA 1160 (MB003) B | NºSÉRIE: 440-7571 | FAIXA: 0 - 1200 kg | RESOLUÇÃO: 500 g

EXPEDIDOR: CARLOS | DATA DE CALIBRAÇÃO: 24/11/2004

PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO: POP 005 - Função 3.05.02 - ver. 001

RASTREABILIDADE: CERTIFICADO N.º 329/2002 INMETRO DATA DE CALIBRAÇÃO 16/12/2002 VALIDADE 16/12/2004.
CERTIFICADO Nº 330/2002 - INMETRO - DATA DE CALIBRAÇÃO 16/12/2002 VALIDADE:16/12/2004.
Localização : Ligoteira Zamac Forno 1

CALIBRAÇÃO

PADRÃO					BALANÇA CALIBRADA								
Vnp	Cód:	Correção	VRp	IP	1	2	3	MÉDIA	Erro Sist.	ε	IM	Itotal	TESTE DE EXATIDÃO
150000,00	05WS-0074 a 05WS-0079	0,60	149999,40	2,396	150000,00	150000,00	150000,00	150000,00	-0,600	1000,00	0,000	3,00	Verdadeiro
300000,00	05WS-0074 a 05WS-0083 05WS-0061 a 05WS-0062	2,50	299997,50	3,444	300000,00	300000,00	300000,00	300000,00	-2,500	1000,00	0,000	5,94	Verdadeiro
400000,00	05WS-0074 a 05WS-0089	4,00	399996,00	3,997	400000,00	400000,00	400000,00	400000,00	-4,000	1000,00	0,000	8,00	Verdadeiro
450000,00	05WS-0074 a 05WS-0091	4,00	449996,00	4,195	450000,00	450000,00	450000,00	450000,00	-4,000	1000,00	0,000	8,20	Verdadeiro
500000,00	05WS-0074 a 05WS-0093	4,20	499995,80	4,580	500000,00	500500,00	500000,00	500166,67	-170,867	1000,00	717,167	721,38	Verdadeiro
550000,00	05WS-0061 a 05WS-0062 05WS-0074 a 05WS-0093	4,40	549995,60	4,820	550000,00	550000,00	550500,00	550166,67	-171,067	1000,00	717,167	717,18	Verdadeiro
600.000,00	05WS-0061 a 05WS-0064 05WS-0074 a 05WS-0093	4,40	599995,60	4,985	600000,00	600000,00	600500,00	600166,67	-171,067	1000,00	717,167	721,58	Verdadeiro

OBSERVAÇÕES:

expressos em gramas(g)
ε = Exatidão requerida; Im = Incerteza da Medida; IE = Incerteza do Ensaio; IP = Incerteza do Padrão; Vnp = Valor Nominal do Padrão; Vrp = Valor Real do Padrão.
TESTE DE EXATIDÃO: Itotal < Exatidão

SITUAÇÃO FINAL

Condição para Aprovação: Testes de exatidão = VERDADEIRO

[x] **APROVADO** [ ] **REPROVADO**

"EQUIPAMENTO CALIBRADO CONFORME RECEBIDO"

DISPOSIÇÃO DE NÃO CONFORMIDADE:----------

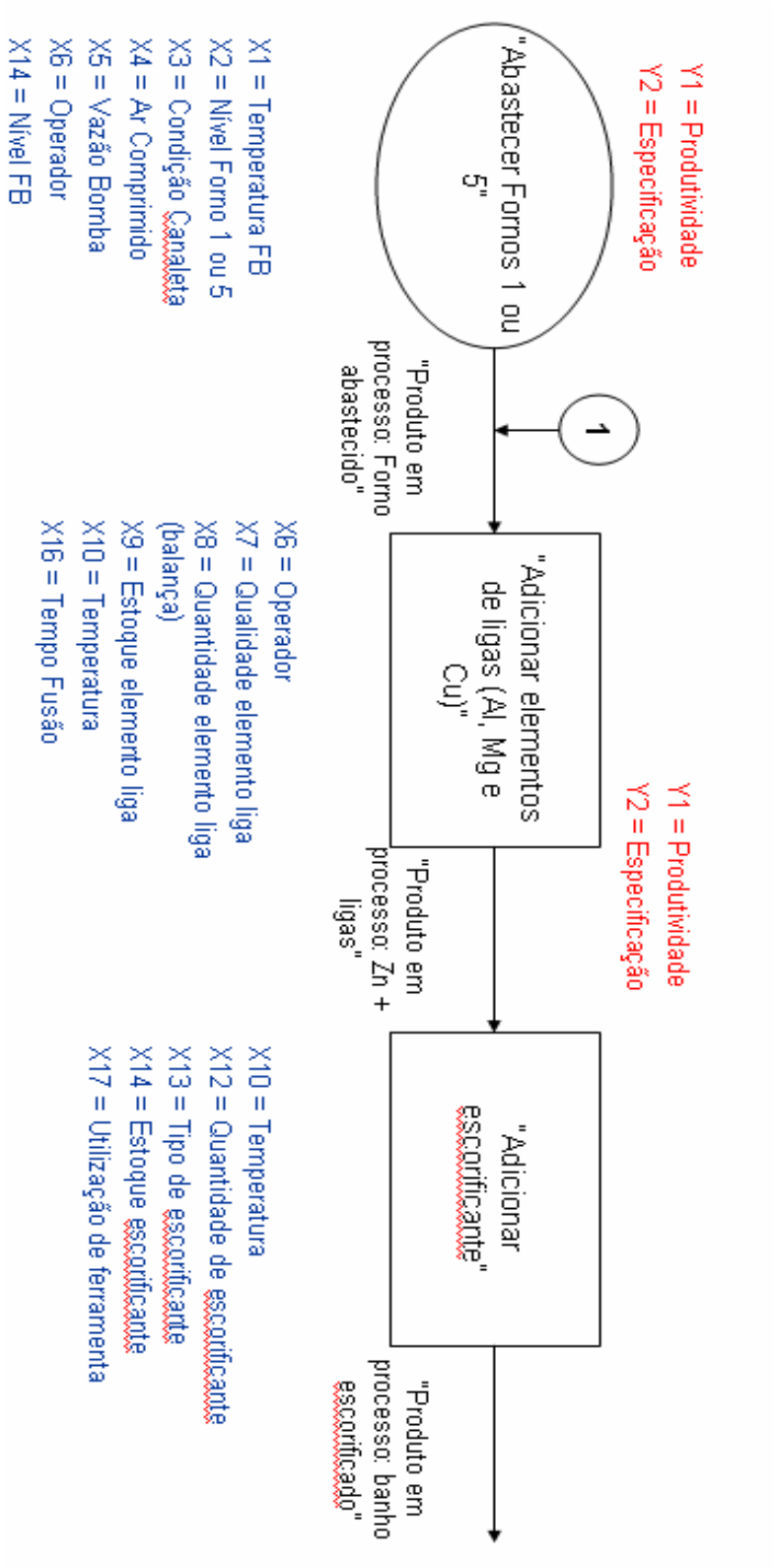
CERTIFICADO: **CPM 2768** | PROXIMA CALIBRAÇAO: 01/2005

Examinador: Edmilson Toledo | DATA :24/11/2004

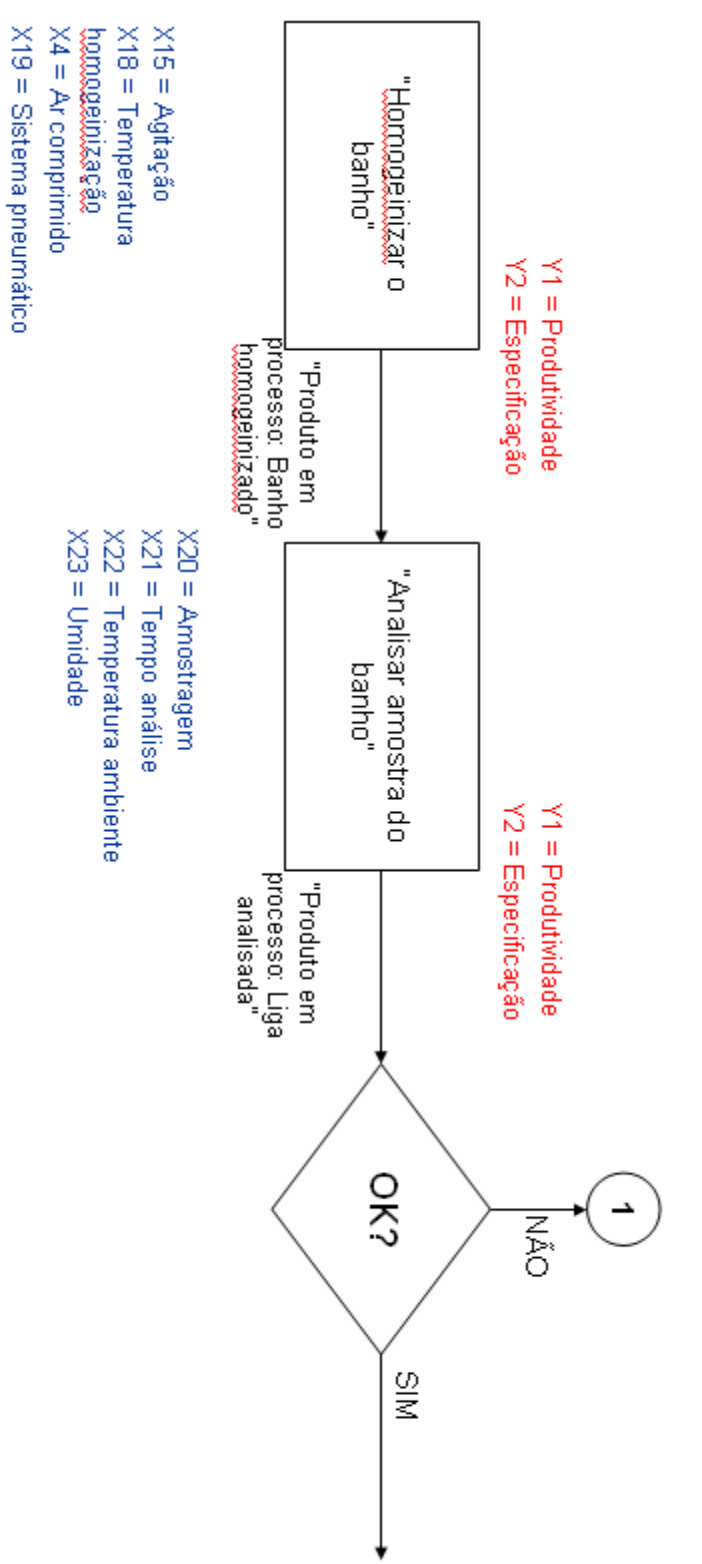
VISTO:

Figura 34: Plano de calibração da balança
Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

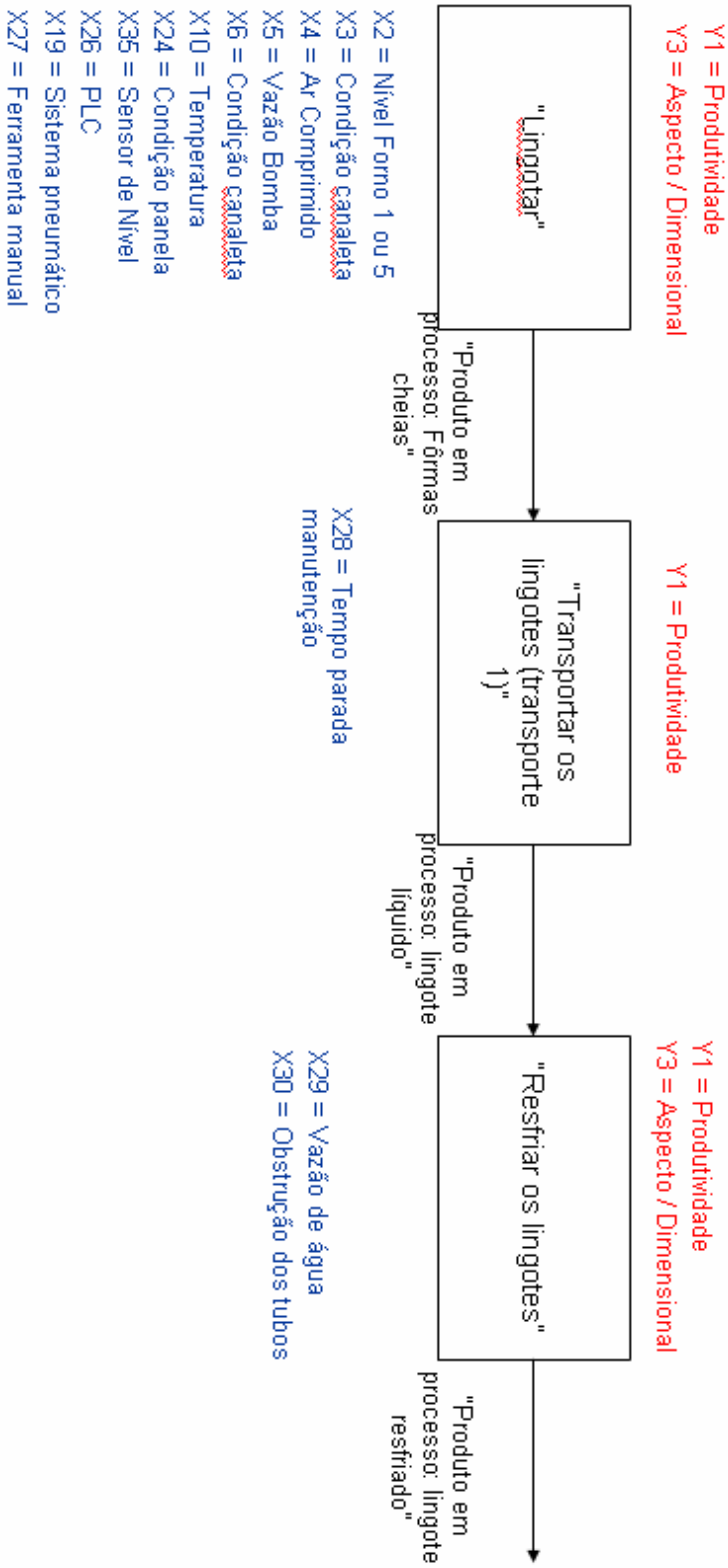
ANEXO 4


Y1 = Produtividade
Y2 = Especificação
"Abastecer Fornos 1 ou 5"
1
"Produto em processo: Forno abastecido"
X1 = Temperatura FB
X2 = Nível Forno 1 ou 5
X3 = Condição Canaleta
X4 = Ar Comprimido
X5 = Vazão Bomba
X6 = Operador
X14 = Nível FB
Y1 = Produtividade
Y2 = Especificação
"Adicionar elementos de ligas (Al, Mg e Cu)"
"Produto em processo: Zn + ligas"
X6 = Operador
X7 = Qualidade elemento liga
X8 = Quantidade elemento liga (balança)
X9 = Estoque elemento liga
X10 = Temperatura
X16 = Tempo Fusão
"Adicionar escorificante"
"Produto em processo: banho escorificado"
X10 = Temperatura
X12 = Quantidade de escorificante
X13 = Tipo de escorificante
X14 = Estoque escorificante
X17 = Utilização de ferramenta

ANEXO 4 - CONTINUAÇÃO



ANEXO 4 - CONTINUAÇÃO



ANEXO 4 - CONTINUAÇÃO

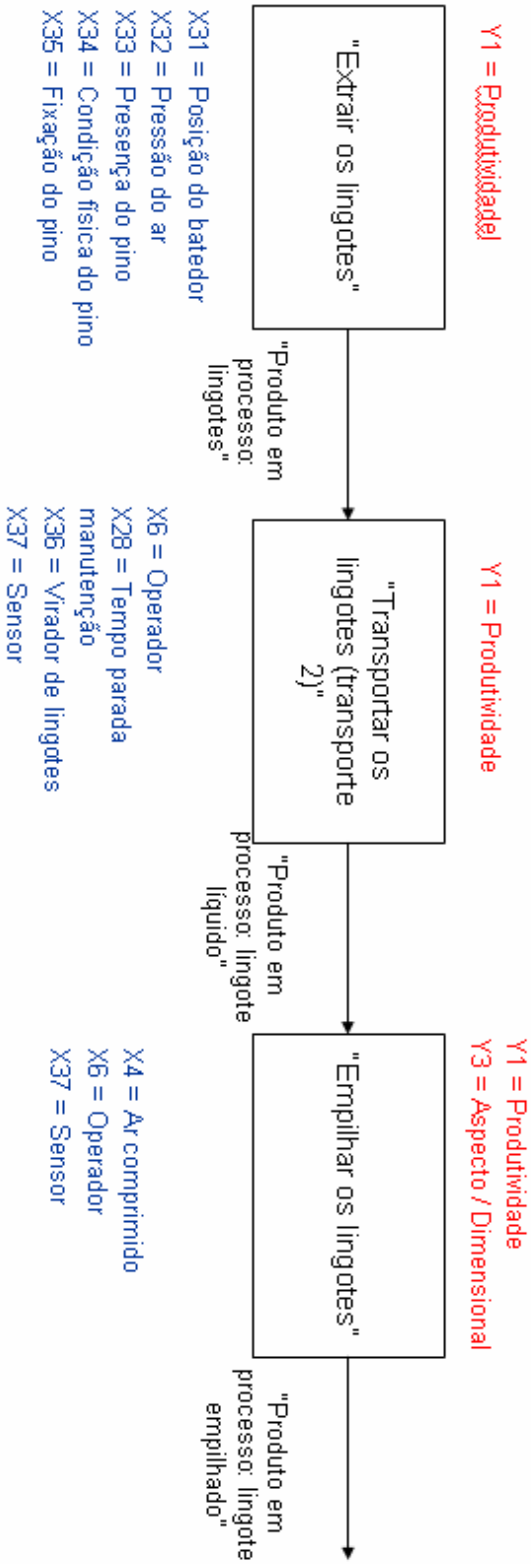


Figura 35: Mapa de processo

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

ANEXO 5

ENTRADAS DO PROCESSO		ÍNDICES DE IMPORTÂNCIA PARA O CLIENTE			TOTAL
Lista de todas as fontes de variação encontradas para o processo em questão		Produtividade (atendimento)	Especificação	Aspecto / Dimensional	
Nota (0 a 10)		**9**	**7**	**9**	**-**
Fontes de Variação (x)	X1 Temperatura do FB	8	5	0	107
	X2 Nível do Forno 1 ou 5	7	8	0	119
	X3 Condição da canaleta	5	0	0	45
	X4 Ar comprimido	10	0	5	135
	X5 Vazão da bomba	10	0	0	90
	X6 Operador	8	9	8	207
	X7 Qualidade do elemento de liga	3	10	0	97
	X8 Quantidade do elemento de liga (balança)	3	9	0	90
	X9 Estoque elemento de liga	1	0	0	9
	X10 Temperatura do forno F1 ou F5)	8	6	3	141
	X11 Nível do FB	8	0	0	72
	X12 Quantidade de escorificante	4	0	0	36
	X13 Tipo de escorificante	1	0	0	9
	X14 Estoque de escorificante	3	0	0	27
	X15 Agitação	8	10	0	142
	X16 Tempo de fusão	8	5	0	107
	X17 Utilização de ferramenta (na etapa de adicionar escorificante)	3	7	0	76

ANEXO 5 - CONTINUAÇÃO

Lista de todas as fontes de variação encontradas para o processo em questão	Produtividade (atendimento)	Especificação	Aspecto / Dimensional	**TOTAL**
Nota (0 a 10)	**9**	**7**	**9**	**-**
X18 Temperatura de homogeinização	7	8	0	119
X19 Sistema pneumático	10	0	8	162
X20 Amostragem	3	7	0	76
X21 Tempo de análise	3	0	0	27
X22 Temperatura ambiente	3	0	0	27
X23 Umidade	3	0	0	27
X24 Condição da panela	9	0	9	162
X25 Sensor de nível	8	0	7	135
X26 PLC	10	0	6	144
X27 Ferramenta manual	5	0	7	108
X28 Paradas de manutenção	10	0	5	135
X29 Vazão da água	8	0	8	144
X30 Tubos (obstrução)	8	0	8	144
X31 Posição do batedor	10	0	6	144
X32 Pressão de ar	10	3	5	156
X33 Presença do pino	10	0	3	117
X34 Condição do pino	7	0	0	63
X35 Fixação do pino	7	0	0	63
X36 Virador	8	0	0	72
X37 Sensor	9	0	0	81

Figura 36: Matriz de priorização

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

ANEXO 6

OBJETIVO: Aumentar a produtividade de Zamac na Fundição
INDICADOR: Produção (ton)
ÁREA ENVOLVIDA: Fundição **RESPONSÁVEL:** Miller

O QUE ?	QUEM?	COMO?	QUANTO ?	PREVISTO		SITUAÇÃO
				INÍCIO	TÉRMINO	
Adequar as trocas de turno / limpeza de equipamento conforme discutido em reunião (piloto letra A)	José Wilson	Alocando 1 operador para limpeza dos fornos durante as reuniões e fazer o rodízio deste operador durante os dias de trabalho		01/10/04	31/10/04	Concluído
Implementar sistema de preparação de banho durante as trocas de turno (piloto letra A)	José Wilson	Priorizando a preparação do banho durante as trocas de turno, alocando 1 operador e fazendo o rodízio deste durante os dias de trabalho		01/10/04	31/10/04	Concluído
Implementar a estratégia de sempre começar a lingotar pelo forno de maior capacidade - Forno 1 (piloto letra A)	José Wilson	Sempre priorizando iniciar o turno lingotando o banho do Forno 1 (mesmo que o Forno 5 esteja cheio, preparar e lingotar primeiro o Forno 1)		01/10/04	31/10/04	Concluído
Mudar sistema de extrator de pinos da lingoteira	Edmílson	Realizando as modificações necessárias no extrator conforme projeto estrutural.	R$ 150.000,00	15/10/04	20/12/04	Concluído
Estudar as diferenças de procedimentos de operação entre os operadores das diferentes equipes	Ercílio	Fazendo verificação in loco dos procedimentos adotados por cada um dos operadores.		05/11/04	20/11/04	Concluído
Estudar as diferenças nos procedimentos de limpeza de equipamentos entre as equipes de produção	Ercílio	Fazendo verificação in loco dos procedimentos adotados por cada um dos operadores e identificando as diferenças em relação ao adotado pela letra A		05/11/04	20/11/04	Concluído
Orientar os operadores para continuar a produção independentemente se as metas de corridas do turno foram cumpridas	Paulo Sena	Conscientizando os operadores da importância de se continuar operando: cumprimento de metas, espírito de equipe (auxílio as outras letras), etc.		05/11/04	20/11/04	Concluído
Orientar os operadores e supervisores quanto as refusões na fundição	Paulo Sena	Passando a informação as equipes de sempre fazer as refusões nos fornos de origem		18/10/04	22/10/04	Concluído
Sumarizar as novas estratégias de produção testadas na letra A	José Wilson	Relatando todas as modificações realizadas na letra A e que resultaram em melhorias		05/11/04	20/11/04	Concluído
Padronizar as modificações nos procedimentos de produção, conforme experiência do piloto na letra A	José Carlos	Fazendo as devidas alterações e revisões nos Pos		20/11/04	30/11/04	Concluído

Figura 37: Plano de Ação
Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

ANEXO 7

Retorno financeiro = Δ Produção Zamac x (PV Zamac 5 unit. - CV Zamac 5 unit.) - Δ Produção Ling. SHG x (PV SHG unit. - CV SHG unit.)

Retorno financeiro = 1.985.000,00 - 470.000,00

Retorno financeiro = R$ 1.515.000,00

Onde:

- PV => Preço de Venda;
- CV => Custo Variável;

Figura 38: Memorial de cálculo Final

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

ANEXO 8

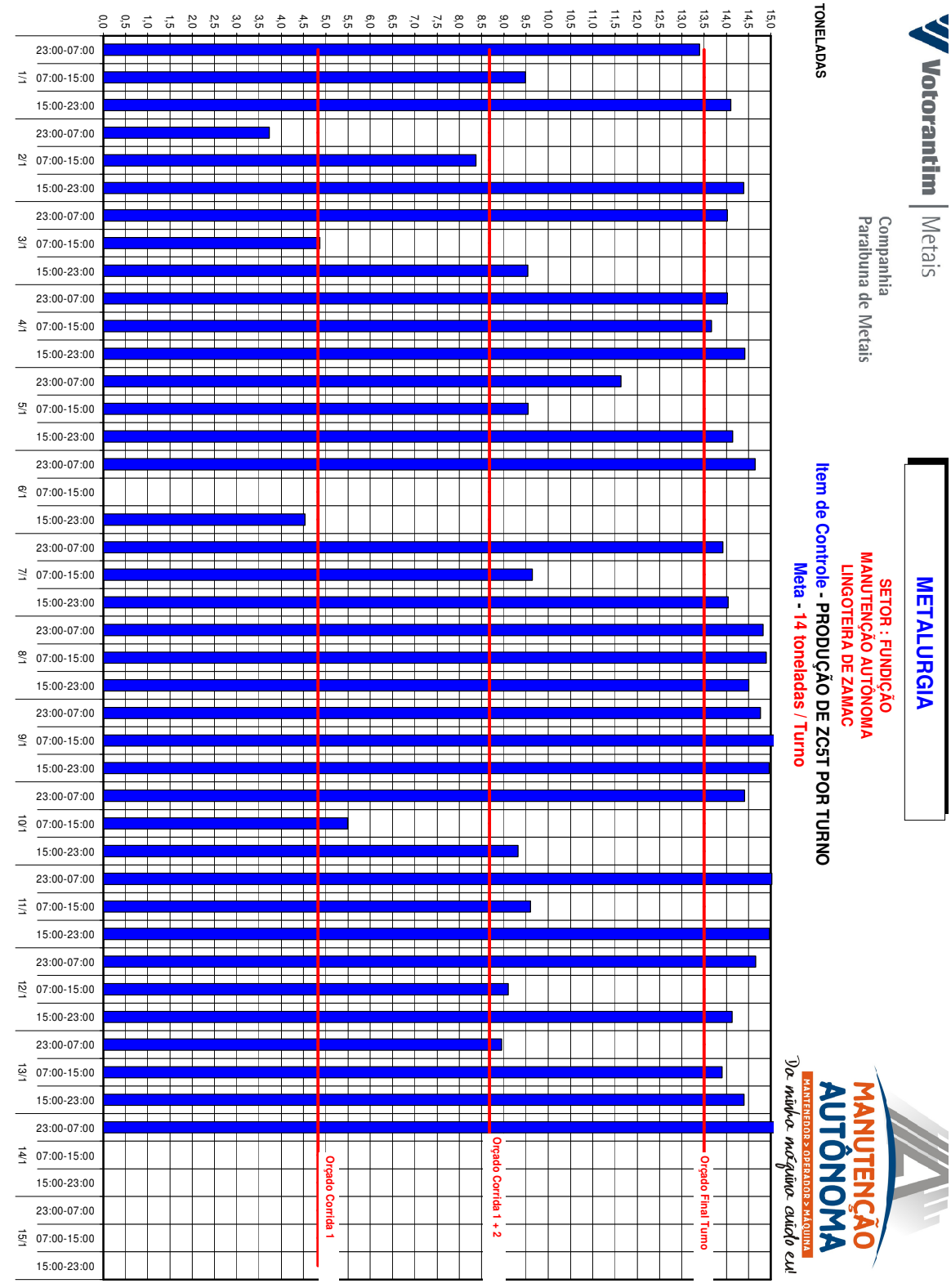


Figura 39: Gráfico para acompanhamento de produção

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

ANEXO 9

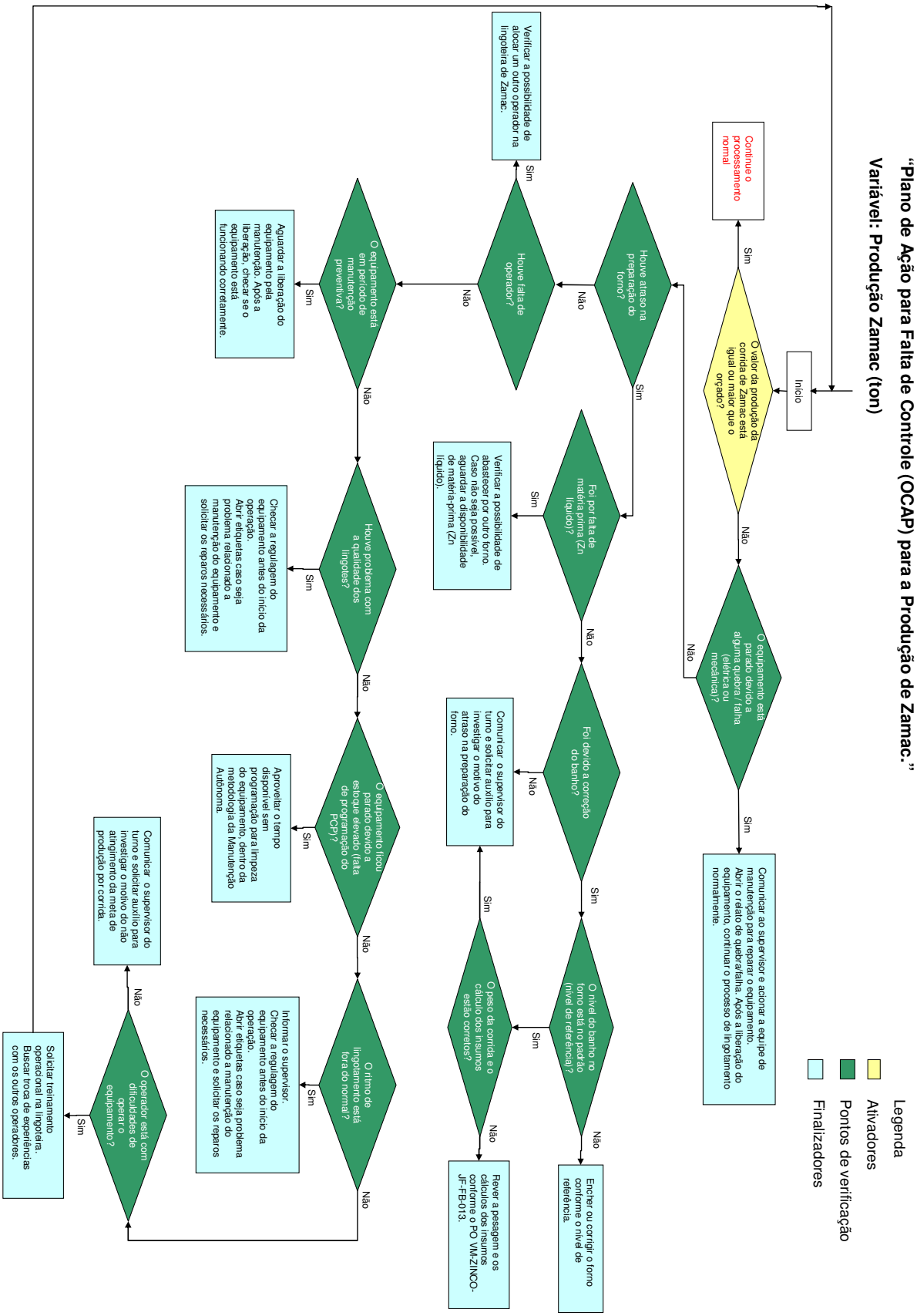


Figura 40: OCAP

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora