

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**RYAN BRAGA FABRES  
VINÍCIUS MALANQUINE FRAZZI**

**REDUÇÃO DA PERDA DE PRODUÇÃO NO CIRCUITO DO PÁTIO DE  
PELOTAS DAS USINAS DE PELOTIZAÇÃO ATRAVÉS DA  
METODOLOGIA SEIS SIGMA**

**VITÓRIA  
2011**

**RYAN BRAGA FABRES  
VINÍCIUS MALANQUINE FRAZZI**

**REDUÇÃO DA PERDA DE PRODUÇÃO NO CIRCUITO DO PÁTIO DE  
PELOTAS DAS USINAS DE PELOTIZAÇÃO ATRAVÉS DA  
METODOLOGIA SEIS SIGMA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Departamento de  
Engenharia Mecânica do Centro  
Tecnológico da Universidade Federal do  
Espírito Santo, como requisito parcial  
para obtenção do grau de Engenheiro  
Mecânico.

Orientador: Oswaldo Paiva Almeida  
Filho, Prof. M.Sc.

Co-orientador: Herbert Barbosa  
Carneiro, Prof. Especialista

VITÓRIA  
2011

FABRES, Ryan Braga; FRAZZI, Vinícius Malanquine.

Redução da perda de produção no circuito do pátio de pelotas das usinas de pelotização através da metodologia seis sigma / Ryan Braga Fabres; Vinícius Malanquine Frazzi – 2011. 66f.

Orientador: Oswaldo Paiva Almeida Filho

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Mecânica.

1. Seis Sigma. 2. DMAIC. 3. Pátio de Pelotas. 4. Pelotização. 5. Transportadores de correia. 6. Metodologia. 7. Rastreabilidade. I. FABRES, Ryan Braga. II. FRAZZI, Vinícius Malanquine. III. Universidade Federal Do Espírito Santo, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Mecânica. IV Redução da perda de produção no circuito do pátio de pelotas das usinas de pelotização através da metodologia seis sigma.

**RYAN BRAGA FABRES  
VINÍCIUS MALANQUINE FRAZZI**

**REDUÇÃO DA PERDA DE PRODUÇÃO NO CIRCUITO DO PÁTIO DE  
PELOTAS DAS USINAS DE PELOTIZAÇÃO ATRAVÉS DA  
METODOLOGIA SEIS SIGMA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Mecânico.

Aprovado em 05 de dezembro de 2011.

COMISSÃO EXAMINADORA:

---

Prof. M.Sc. Oswaldo Paiva Almeida Filho  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO]  
Orientador

---

Prof. Herbert Barbosa Carneiro  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO]  
Co-orientador e examinador

---

Prof. Dr. Marcos Aurélio Scopel Simões  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO]  
Examinador

---

Eng. Ivo Sebastião Costa e Silva  
VALE S/A  
Examinador

Dedicamos o presente trabalho aos nossos pais, que sempre nos apoiaram durante toda a vida.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, que nos proporcionou oportunidades para adquirir o conhecimento necessário para realizar esse trabalho;

Ao engenheiro Ivo Sebastião Costa e Silva que promoveu a oportunidade de desenvolvimento deste trabalho, e pela constante transmissão de conhecimento;

Ao Prof. M.Sc. Oswaldo Paiva Almeida Filho pelas diretrizes, permanente incentivo, e por ser um facilitador para a realização deste trabalho;

Ao professor especialista Herbert Barbosa Carneiro pelo fundamental apoio no embasamento bibliográfico, incentivo e suporte na constante busca pela qualidade;

Aos familiares e amigos, pelo grande apoio, suporte e incentivo no desenvolvimento desse projeto;

## RESUMO

A filosofia Seis Sigma abrange essencialmente três níveis de atuação nos projetos, podendo ser como uma métrica (baseada em estudos estatísticos), como uma metodologia (DMAIC) e como um sistema de gerenciamento. A aplicação se torna mais efetiva quando se faz de maneira combinada os três níveis de atuação, entretanto, a utilização isolada de cada nível é perfeitamente plausível e também gera resultados satisfatórios de melhoria.

Dessa forma, o presente projeto de graduação se propõe a analisar a aplicação da filosofia Seis Sigma em um caso real, no qual se busca a redução das perdas de produção no circuito do pátio de pelotas das usinas de pelotização VALE / NIBRASCO do Complexo de Tubarão – ES, o qual é formado principalmente por transportadores de correia. Nesse trabalho é apresentado ferramentas inerentes à metodologia, aplicando aquelas que são pertinentes à esse estudo de caso.

Durante o emprego da filosofia Seis Sigma, ficou evidente que, para esse estudo de caso, não seria possível aplicá-la em todos os seus níveis, portanto a abordagem se restringiu, quase em totalidade, ao nível como metodologia, uma vez que, os dados históricos não se apresentaram consistentes o suficiente para serem utilizados com fins estatísticos devido a uma rastreabilidade deficiente. Nessa abordagem, tem-se como foco a sua aplicação na manutenção, de forma a obter resultados que deem suporte ao alcance dos objetivos estratégicos da empresa.

**Palavras-Chave:** Seis Sigma. DMAIC. Pátio de Pelotas. Pelotização. Transportadores de correia. Metodologia. Rastreabilidade.

## ABSTRACT

The Six Sigma philosophy covers essentially three levels of performance in the projects, as a metric (based on statistical studies), as a methodology (DMAIC) and as a management system. The application is more effective when doing so combined the three performance levels, however, the isolated application of each level is perfectly plausible, and also generates satisfactory results for improvement.

Thus, this graduation project is to analyze the application of Six Sigma philosophy in a real case, in which one seeks to reduce the losses in the circuit of the pellets stockyard from the pelletizing plants VALE / NIBRASCO in the Complex of Tubarão – ES, which is formed mainly by belt conveyors. In this paper it is presented tools inherent in the methodology, applying those that are pertinent to this case study.

During the use of Six Sigma philosophy, it became clear that for this case study would not be possible to implement it in all its levels, so the approach was restricted, almost in entirety, to the level as a methodology, since the historical data is not consistent enough to be used for statistical purposes due to its poor traceability. In this approach, we have focused on its application in maintenance, in order to obtain results that support the achievement of corporate strategic goals.

**Keywords:** Six Sigma. DMAIC. Pellets stockyard. Pelletizing. Belt conveyors. Methodology. Traceability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Moinhos de Bolas .....	15
Figura 2 - Espessador .....	16
Figura 3 - Filtragem .....	17
Figura 4 - Pelotamento .....	18
Figura 5 - Empilhamento .....	21
Figura 6 - Transportador de Correia .....	24
Figura 7 - Representação do Circuito do Pátio de Pelotas/Emergência .....	26
Figura 8 - Representação do Circuito do Pátio de Pelotas em vista da Usina NIBRASCO .....	26
Figura 9 - Curva Normal ou de Gauss .....	28
Figura 10 - Curva Seis Sigma .....	29
Figura 11 - Capacidade a longo prazo .....	30
Figura 12 - Curva Três Sigma .....	30
Figura 13 - Resumo histórico de resultados do Seis Sigma .....	32
Figura 14 - Método DMAIC .....	34
Figura 15 - Ciclo PDCA .....	34
Figura 16 - Relação entre DMAIC e PDCA .....	35
Figura 17 - Subdivisão do DMAIC .....	35
Figura 18 - Diagrama de Ishikawa .....	37
Figura 19 - Método da Lacuna .....	41
Figura 20 - Definição de Metas Específicas .....	47
Figura 21 - Analise de Causas potenciais da Meta Específica n° 1 .....	48

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Resumo das usinas de pelotização da Vale em Tubarão, Fabrica, Vargem Grande e São Luis .....	14
Tabela 2 - Características das Grelhas Móveis 6/5Q1 .....	19
Tabela 3 - Intervalo Sigma <i>versus</i> itens defeituoso .....	31
Tabela 4 - Resultados do Seis Sigma no Brasil .....	33
Tabela 5 - Estratificação dos dados das Preventivas no nível do detalhamento .....	42
Tabela 6 - Estratificação dos dados das Corretivas no nível do detalhamento .....	43
Tabela 7 - Cálculo das prioridades dos Pontos Focais .....	45
Tabela 8 - Cálculo das metas específicas .....	46

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍGLAS

6M`s	Diagrama de Ishikawa: Medida, Material, Meio ambiente, Método, Mão de obra e Máquina.
AAR	After Action Reveiw
ACS	Aceralia Corporación Siderurgia
ASQ	American Society for Quality
DIPE	Diretoria de Pelotização da VALE
DMAIC	Define (Definir), Measure (Medir), Analyze (Analizar), Improve (Melhorar), Control (Controlar)
FDG	Fundação de Desenvolvimento Gerencial
GAMIP	Gerência de Área da Manutenção das Usinas V a VII de Pelotização
GETOP	Gerência Geral das Usina V a VII de Pelotização
ILP	Ilva Laminati Piani
JSM	Japanese Steel Mills
LIE	Limite inferior de especificação
LSE	Limite superior de especificação
MCS	Motivo, Causa e Solução
PDCA	Plan, Do, Check & Action
ppm	Partes por Milhão

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 PELOTIZAÇÃO .....</b>	<b>13</b>
2.1 INTRODUÇÃO .....	13
2.2 USINAS DE PELOTIZAÇÃO VALE .....	13
2.3 PROCESSOS NA PELOTIZAÇÃO – NIBRASCO .....	15
2.3.1 Preparação do Insumo .....	15
2.3.2 Formação da Pelota Crua .....	17
2.3.3 Processamento Térmico .....	18
2.4 PÁTIO DE PELOTAS NIBRASCO .....	20
2.4.1 Empilhamento no Pátio de Pelotas .....	20
2.4.2 Empilhamento / recuperação de emergência .....	21
2.4.3 Transportadores de correia .....	22
2.4.4 Equipamentos do Circuito Pátio de Pelotas / Emergência .....	24
<b>3 METODOLOGIA UTILIZADA .....</b>	<b>27</b>
3.1 DEFINIÇÃO .....	27
3.2 BASE TEÓRICA DO SEIS SIGMA.....	28
3.3 HISTÓRICO.....	31
3.4 O QUE É DMAIC .....	33
3.4.1 Definir ( <i>Define - D</i> ).....	36
3.4.2 Medir ( <i>Measure - M</i> ) .....	36
3.4.3 Analisar ( <i>Analyze - A</i> ) .....	36
3.4.4 Melhorar ( <i>Improve – I</i> ) .....	37
3.4.5 Controlar ( <i>Control – C</i> ) .....	37
<b>4 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA.....</b>	<b>39</b>
4.1 INTRODUÇÃO AO ESTUDO DE CASO.....	39
4.2 FASE I - IDENTIFICAÇÃO DAS PRIORIDADES .....	39
4.3 FASE II - ESTABELECIMENTO DA META GERAL.....	40
4.4 FASE III - DESDOBRAMENTO DO PROBLEMA.....	41
4.5 FASE IV - DETERMINAÇÃO DE OPORTUNIDADES NAS VARIAÇÕES .....	43

4.6 FASE V - ESTABELECIMENTO DAS METAS ESPECÍFICAS.....	45
4.7 FASE VI - IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS POTENCIAIS.....	47
4.8 PLANO DE AÇÃO PRELIMINAR E SITUAÇÃO ATUAL.....	48
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>51</b>
<b>ANEXO A - APRESENTAÇÃO DO PROJETO DA VALE .....</b>	<b>53</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Posicionadas em um mercado altamente competitivo, as empresas devem sempre buscar a inovação e a excelência em seus setores. Dessa forma, é necessário trabalhar com foco na qualidade e na eficiência de processos, a fim de entregar a seus clientes, produtos e serviços que satisfaçam suas expectativas e necessidades. Inserida nesse contexto, a metodologia Seis Sigma visa à melhoria contínua direcionada na qualidade, por meio de um estudo crítico e analítico do processo de produção.

A filosofia Seis Sigma surgiu no final da década de 80, desenvolvida pela Motorola, como uma metodologia a ser aplicada para minimizar os defeitos em seus produtos. Desde então, a filosofia vem sendo atualizada e adaptada para a realidade atual das companhias, que estão cada vez mais procurando apoio para implementar o Seis Sigma em seus processos.

O Seis Sigma é, em grande parte, baseado no ciclo DMAIC, que será mais detalhado posteriormente no capítulo 3, que se estrutura em fases que passam desde o planejamento detalhado das melhorias a serem feitas, suas implementações até a verificação da sua eficácia.

O estudo de caso abordado nesse trabalho explana sobre a utilização da metodologia pela VALE S/A, em Vitória – ES. Para o emprego do Seis Sigma nesse estudo, o foco foi voltado, especificamente, para cima do sistema de transportadores de correia das Usinas de Pelotização V e VI, com o objetivo de aumentar a disponibilidade do pátio de pelotas correspondente à essas usinas.

## 2 PELOTIZAÇÃO

### 2.1 INTRODUÇÃO

Em uma jazida de minério de ferro encontramos naturalmente uma extensa gama granulométrica, onde parte destes finos de minério são de tamanho inferior a 6 mm, o qual é tido pela siderurgia mundial como mínima dimensão aceitável de minérios granulados para a utilização em altos fornos ou em processos de redução direta, tendo em vista que a utilização destes tornaria a carga de minério pouco permeável à passagem de gases redutores [VALE, 2011]. Outra forma de obtenção de finos a baixo da mínima dimensão diretamente utilizável é através da matéria gerada durante os processos de lavra, de concentração, de classificação, de manuseio e transporte do minério.

Visando elevar o índice de utilização das reservas e a redução dos custos operacionais, foram criados processos de aglomeração, os quais agregam as partículas de minério adequando sua dimensão à utilização na siderurgia. Um dos primeiros processos utilizados foi a Sinterização, o qual se resume na compactação e tratamento térmico de pós de maneira geral. Entretanto este processo não se mostrou eficaz na utilização de materiais com dimensões abaixo dos 100 *mesh* (0,149 mm) [VALE, 2011]. De maneira a aperfeiçoar a utilização do minério ultrafino, foi criado o processo de Pelotização, o qual se resume na aglomeração e posterior tratamento térmico de partículas ultrafinas, transformadas em pelotas de minérios com dimensões variando entre 8 e 18 mm de diâmetro. As pelotas de minério estão sendo largamente utilizada apresentando bons desempenhos tanto a cerca da utilização do minério quanto a cerca da eficiência na siderurgia.

### 2.2 USINAS DE PELOTIZAÇÃO VALE

A VALE S/A, criada pelo governo brasileiro em 1942 e privatizada em 1997, hoje é uma empresa global de atuação nos cinco continentes, com sede no Brasil, possuindo um vasto portfólio de produtos, sendo considerada a maior empresa de mineração diversificada das Américas e a segunda maior do mundo [VALE, 2011].

Acerca da mineração, a VALE é tida como a maior produtora de minério de ferro do mundo, e é neste contexto que se situa o Complexo de Pelotização da VALE, possuindo usinas no Brasil, na China e em Omã. No território nacional elas estão situadas nos estados do Espírito Santo, Maranhão e Minas Gerais. Na China, a usina fica localizada na província de Zhejiang e em Omã, há uma planta de Pelotização na cidade de Sohar [VALE, 2011].

No polo espírito-santense a VALE possui sete usinas em Tubarão e três em Ubu, através da Samarco. Estas usinas são oriundas de parcerias nacionais e internacionais ou de exclusivo investimento da VALE. A empresa também possui projetos já em andamento para a construção da oitava usina de Pelotização em Tubarão e da quarta em Ubu, na Samarco.

Em Minas Gerais possuem mais duas Usinas de Pelotização, a de Vargem Grande outra de Fábrica, e no Maranhão se tem a Usina de Pelotização de São Luis. A Tabela 1 apresenta o resumo das Usinas de Pelotização da VALE, instaladas no Brasil.

Tabela 1 - Resumo das usinas de pelotização da Vale em Tubarão, Fábrica, Vargem Grande e São Luis

Usina	Localidade	Acionista	Início de Operação	Capacidade (Mt/a)
VALE I	Tubarão - ES	VALE	nov/69	2,2
VALE II	Tubarão - ES	VALE	abr/73	3,3
ITABRASCO	Tubarão - ES	VALE (51%) ILP (49%)	jan/77	3,4
HISPANOBRÁS	Tubarão - ES	VALE (51%) ACS (49%)	jan/79	4,0
NIBRASCO I	Tubarão - ES	VALE (51%) JSM (49%)	jul/78	4,3
NIBRASCO II	Tubarão - ES	VALE (51%) JSM (49%)	mai/78	4,3
KOBRASCO	Tubarão - ES	VALE (50%) POSCO (50%)	ago/98	4,8
FÁBRICA	Congonhas - MG	VALE	set/77	4,6
VALE SÃO LUIS	São Luis - MA	VALE	jun/02	6,0
VARGEM GRANDE	Nova Lima - MG	VALE	jun/09	7,0

Fonte: Pena, 2010 Adaptado

## 2.3 PROCESSOS NA PELOTIZAÇÃO – NIBRASCO

### 2.3.1 Preparação do Insumo

A preparação das matérias primas tem por objetivo adequar as características do minério de ferro às exigidas para a produção de pelotas cruas. Desta maneira seguem-se os seguintes passos:

- Adição de Fundentes: Esta fase se dá no início do processo, onde se adiciona o calcário ou a sílica ao pó de minério com o objetivo de modificar a basicidade da ganga da pelota, bem como sua estrutura física de acordo com a especificação do cliente.
- Moagem: Processo pelo qual se objetiva o aumento da superfície específica e redução granulométrica do insumo, o qual se dá através da rotação, deslizamento e queda dos corpos moedores contidos nos Moinhos de Bolas (Figura 1), utilizados nas usinas NIBRASCO.

Figura 1 - Moinhos de Bolas



Fonte: VALE, 2011

- Hidrociclonagem: Parte do processo cuja função é promover a separação das partículas da matéria vindo da moagem de acordo com diâmetro, de tal maneira a devolver à moagem o material não adequado. O Hidrociclone é um dispositivo de forma cilindro-cónica com uma entrada tangencial e duas saídas, inferior e superior, utilizando a força centrífuga para acelerar a taxa de sedimentação das partículas.
- Espessamento: Processo pelo qual a polpa de minério oriunda dos hidrociclos é adensada através de sua sedimentação e compactação. O espessador (Figura 2) tem formato é cilíndrico, com fundo cônico, facilitando a movimentação da polpa decantada para o anel central (zona de descarga).

Figura 2 - Espessador



Fonte: VALE, 2011

- Homogeneização: Processo cuja função é a manutenção de sólidos em suspensão e da homogeneização da polpa oriunda do espessamento, promovido pela agitação mecânica. Outras funções são estoque intermediário de material (pulmão) e a possibilidade de adição de polpa de combustível sólido como o antracito e o coque de petróleo.

- **Filtragem:** É a operação que objetiva a reduzir a umidade da polpa de minério, utilizando a passagem do líquido através de um meio filtrante com a retenção de sólidos (Figura 3).

Figura 3 - Filtragem



Fonte: VALE, 2011

- **Misturamento:** A fase da mistura tem como sua finalidade promover a homogeneização do minério e os aditivos recém inseridos no processo. Aditivos estes que tem a finalidade de tornar plásticas as partículas de minério úmidas e manter as partículas de minério dos aglomerados unidas durante o processo de secagem.
- **Prensagem:** É o processo onde se tem a cominuição do minério de ferro através da quebra de grãos por esmagamento visando atingir a superfície específica adequada.

### 2.3.2 Formação da Pelota Crua

Esta é a fase da Pelotização onde são formadas as pelotas cruas a partir dos insumos já devidamente preparados pelas fases anteriores. As pelotas são formadas nos discos de pelotamento (Figura 4), onde é incorporada água ao minério. Devido às forças capilares entre os grãos de minério inicia-se a formação de aglomerados, o

qual tem sua adesão aumentada em consequência da rotação deste aglomerado no disco de pelotamento e ganhando assim sua esfericidade.

Figura 4 - Pelotamento



Fonte: VALE, 2011

Posterior à formação da pelota, se da à classificação destas nas peneiras de rolos que seguem o processo tanto na saída dos discos de pelotamento, quanto na entrada do forno, de tal maneira que as de dimensão não adequadas, tanto superiores quanto inferiores, retornam ao disco de pelotamento reiniciando o processo e recuperando a matéria prima antes da queima.

### 2.3.3 Processamento Térmico

Esta fase é a qual define as propriedades relacionadas à qualidade da pelota queimada, no que se refere à resistência mecânica e à característica metalúrgicas apropriadas. Este processo se dá de maneira irreversível, ou seja, as propriedades físicas químicas e metalúrgicas do material não podem ser aprimoradas após sua queima. Ele ocorre no Forno de Grelha Móvel e este processo é composto das seguintes etapas: secagem, pré-queima, queima, pós-queima e resfriamento, onde cada qual tem sua devida função e particularidades operacionais.

Existem atualmente basicamente três opções de sistemas que promovem o tratamento térmico em escala industrial na Pelotização, os quais se classificam em Forno de Grelha Móvel, Forno Rotativo, Forno em Cuba. Todas as usinas de Pelotização da VALE situadas em Tubarão utilizam Fornos de Grelha Móvel, que é o sistema de queima mais antigo e vastamente utilizado na produção de aglomerados em todo o mundo, o qual foi formulado sendo inspirado pelo processo de tratamento térmico praticado na sinterização. A Tabela 2 apresenta as características das Grelhas Moveis dos Fornos da Nibrasco.

Tabela 2 - Características das Grelhas Móveis 6/5Q1

Característica	Valor	Unidade
Capacidade Nominal	530	t/h
Comprimento das Zonas de Processo	132	M
Dimensões dos carros	4 x 1,5	m <sup>2</sup>
Número de carros	200	200
Motor	55	kW
Velocidade Nominal	3,0~4,0	m/min
Altura do leito	80~400	Mm

Fonte: VALE, 2011 Adaptado

Deve-se notar também que este é um processo que demanda atenção especial em sua operação, tendo em vista que ocorrem em altas temperaturas, expõe a riscos não somente a qualidade da pelota, mas também os equipamentos do processo, bem como a segurança dos colaboradores envolvidos.

Ao término do processamento térmico, as pelotas são novamente submetidas à classificação na Peneira Vibratória. Nesta parte do processo o produto avaliado como adequado segue para o empilhamento no pátio de pelotas e o classificado como não adequado retorna ao processo onde será utilizado como camada de forramento nas grelhas móveis com a finalidade de promover melhor distribuição do fluxo térmico no leito de pelotas [VALE, 2011].

## 2.4 PÁTIO DE PELOTAS NIBRASCO

### 2.4.1 Empilhamento no Pátio de Pelotas

Finalizado o processo de classificação granulométrica das pelotas, a produção é então enviada ao pátio de pelotas através de correias transportadoras, onde é então estocado e permanece até a sua recuperação e envio para o porto. Esta estocagem em si e a forma como é feita, é de fundamental importância para o processo tendo em vista que esta visa atender a demanda de mercado e suas diversas especificidades e perfil de exigências qualitativas. Visa também o armazenamento com antecedência satisfatória de maneira a atender o carregamento de navios de grande porte em curto espaço de tempo e também evita a parada de usina devida à falta de área necessária para a estocagem.

O equipamento responsável pelo empilhamento efetivamente dito é a empilhadeira, que translada sobre dois trilhos instalados longitudinalmente ao longo do pátio de pelotas e possui a ponta de sua lança centrada no pátio de pelotas, não possuindo grau de giro rotacional da lança. De tal forma, o empilhamento (Figura 5) é feito com a empilhadeira parada e a lança inicialmente em seu mínimo grau de elevação, elevando-se gradativamente em sintonia com o aumento da altura da pilha, assim então reduzindo o lançamento de particulados na atmosfera. No momento em que a lança da empilhadeira alcança seu máximo grau de elevação, é feita então a translação do equipamento, de maneira a evitar o toque da pilha na lança, o que poderia acarretar em danos aos componentes deste equipamento.

Figura 5 - Empilhamento



Fonte: VALE, 2011

É mantido um mapa com a localização do empilhamento de cada produção, de maneira a se conhecer a todo o momento a localização de cada lote de produção com seu respectivo índice qualidade e em que momento foi feito o empilhamento de cada pilha.

#### **2.4.2 Empilhamento / recuperação de emergência**

Objetivando mitigar possíveis problemas ou quaisquer impedimentos que possam vir a ocorrer tanto no peneiramento da produção proveniente do forno, como nos transportadores de correias ou empilhadeiras que integram o circuito do pátio de pelotas, a usina NIBRASCO possui um pátio de emergência. Neste é possível se fazer a estocagem de certa quantidade de produção até a normalização do funcionamento do circuito do pátio de pelotas. Após esta normalização é feita a recuperação das pelotas estocadas no pátio de emergência utilizando pás mecânicas o submetendo então a produção ao peneiramento e assim o enviando ao pátio de pelotas.

Vale apena ressaltar que além do pátio de emergência, existe um segundo procedimento que visa mitigar as perdas nesta fase de produção. No caso de se der algum impedimento do uso da empilhadeira, tem-se a opção de se desviar a produção diretamente para o porto com a modificação no fluxo de produção feita no chute 6PP5, de tal maneira a se evitar perdas de produção.

#### **2.4.3 Transportadores de correia**

Transportadores de correia estão atualmente dentre os equipamentos mais comumente usados nos mais diferentes setores industriais. Com o crescente desenvolvimento tecnológico, deu-se então o avanço da tecnologia embarcada nestes equipamentos, de tal maneira a se ter um amplo aumento de sua eficiência, melhorando tanto sua confiabilidade, quanto suas condições de trabalho, e assim aumentando a disponibilidade física destes equipamentos.

De maneira simplificada, transportadores de correia são equipamentos cuja função é transportar matérias normalmente em sentido ascendente ou horizontal, através de uma correia tensionada circulando sobre roletes e sendo acionado por um conjunto motor redutor acoplado a um tambor e sendo apoiado sobre uma estrutura de sustentação. Sendo que estes equipamentos podem assumir diversos *designs* se adequando a sua aplicação.

Estes equipamentos podem ser compostos por inúmeros subcomponentes de maneira a se adequar a sua aplicação e otimizar seu desempenho. Entretanto, sua formação básica não foge muito de um padrão, onde encontramos os seguintes componentes:

- Correia: Elemento de borracha, com características e propriedades que se adéquam à sua utilização. Possuem diversos parâmetros que podem ser alterados de acordo com sua utilização dentre eles temos a dureza da borracha, a espessura, a largura, o comprimento, a resistência ao impacto, resistência à abrasão, resistência a temperaturas elevadas, resistência à tração, tipo de alma, etc.

- Tambores: Estes componentes se classificam em tambores de açãoamento, descarga, contato angular, de cauda, de tensionamento e de desvio. O tambor de açãoamento é o responsável pela tração da correia, se acoplando nele o conjunto motor e redutor. O tambor de descarga é o responsável pelo descarregamento do material, podendo ser concomitante o tambor de açãoamento. O tambor de cauda tem como função aumentar a área de contato da correia com a polia de açãoamento e consequentemente, o atrito.
- Guias laterais: São estruturas metálicas ou talas de borracha instaladas ao longo da região de carga da correia transportadora, em ambos os lados, e tem como função reduzir a fuga de materiais pela área de transferência.
- Roletes: Estes podem ser classificados principalmente como de carga, de impacto, de retorno ou verticais. Os roletes de carga são os responsáveis pelo transporte de material propriamente dito. Os roletes de impacto têm como função reduzir o impacto sobre eles mesmos e sobre a estrutura do equipamento quando da queda do material sobre a correia. Roletes de retorno se localizado na região de retorno da correia transportadora, cuja função é suportar o retorno da correia. Roletes verticais tem por objetivo, ajudar a manter o alinhamento da correia.
- Motor: Componente elétrico fornecedor do movimento necessário para o açãoamento da correia transportadora.
- Freios: Elemento responsável pela frenagem do transportador de correia, onde normalmente a liberação do equipamento ocorre quando açãoado, permanecendo freado.
- Estrutura: É o conjunto dos elementos de sustentação que envolve um Transportador de Correia, tais como: apoio, torres, colunas, treliças, suportes e torre de transferência.

A Figura 6 mostra um exemplo de transportador de correia, onde grande parte dos componentes está visível.

Figura 6 - Transportador de Correia



Fonte: TEKROLL, 2007

#### 2.4.4 Equipamentos do Circuito Pátio de Pelotas / Emergência

O circuito do Pátio de Pelotas e de Emergência é formado basicamente por Transportadores de Correia, cuja finalidade é levar a produção proveniente do forno ao pátio de pelotas, onde é empilhada pela empilhadeira e aguarda a recuperação de pelotas feita pelo Porto.

Os Principais equipamentos do circuito do pátio de pelotas e de emergência são:

- 6Q63: Correia transportadora ascendente para estocagem de emergência que alimenta a correia transportadora 6Q64.
- 6Q64: Correia transportadora ascendente para empilhamento de pelotas no pátio de emergência. Recebe material da correia transportadora 6Q63 e alimenta a correia transportadora 6Q66, através do chute 6Q65.
- 6Q65: Chute de direcionamento de fluxo. Permite que o material da correia transportadora 6Q64 alimente a correia transportadora 6Q66 ou o pátio de emergência.
- 6Q66: Correia transportadora reversível. Recebe alimentação da correia transportadora 6Q64, via chute 6Q65 e pode alimentar o pátio de emergência ou a peneira de emergência 6Q67.

- 6Q67: Peneira vibratória SCHENCK, que recebe material do pátio de emergência ou diretamente da produção das usinas, via correia transportadora 6Q66 e alimenta a correia transportadora 6R18 com o material fino (rejeito) e a correia transportadora 6PP3 com a produção.
- 6Q71: Correia transportadora do sistema de empilhamento de emergência. Recebe pelotas da pilha de emergência, através de recuperação com pás mecânicas e alimenta a correia transportadora 6Q63, para que as pelotas possam ser peneiradas na peneira de emergência 6Q67.
- 6PP2: Correia transportadora ascendente. Recebe pelotas das peneiras vibratórias e alimenta o transportador 6PP3.
- 6PP3: Correia transportadora ascendente. Recebe pelotas da 6PP2 e alimenta o transportador 6PP4.
- 6PP4: Correia transportadora ascendente. Recebe pelotas da correia transportadora 6PP3 e alimenta o chute 6PP5.
- 6PP5: Chute de direcionamento de fluxo. Permite alimentar a correia transportadora 6PP6, para empilhamento no pátio, ou a 6PP9, para envio direto para as áreas do porto ou navio.
- 6PP6: Correia transportadora ascendente. Recebe pelotas do chute 6PP5 e alimenta a empilhadeira 6PP7
- 6PP7: Empilhadeira de pelotas queimadas. Recebe pelotas da correia transportadora 6PP6 e estoca no pátio de pelotas.

A Figura 7 e a Figura 8 mostram um esquemático da disposição no espaço dos equipamentos listados acima.

Figura 7 - Representação do Circuito do Pátio de Pelotas/Emergência



Fonte: Google, 2011 Adaptado

Figura 8 - Representação do Circuito do Pátio de Pelotas em vista da Usina NIBRASCO



Fonte: Google, 2011 Adaptado

### 3 METODOLOGIA UTILIZADA

#### 3.1 DEFINIÇÃO

Seis Sigma é uma metodologia que busca a qualidade total por meio da melhoria contínua dos processos intrínsecos à produção de um bem ou serviço. Na prática, o programa passa a ser uma estratégia gerencial de mudanças, que visa atingir mais rapidamente o aprimoramento dos processos, produtos e serviços.

“O Seis Sigma é um programa de melhoria que tem por objetivo a redução de desperdícios da não qualidade e consequentemente a redução de custos e a melhoria no atendimento de requisitos de clientes, como qualidade de produto e confiabilidade da entrega.” (CARPINETTI, 2010, p. 140)

De acordo com Carpinetti (2010), o Seis Sigma se constitui de:

- estrutura organizacional: a metodologia estabelece níveis de responsabilidades e capacitação para a condução dos projetos de melhoria.
- um método para a melhoria: o método DMAIC adotado pelo Seis Sigma é um método iterativo de melhoria, a exemplo do PDCA (método de Análise e Solução de Problemas).
- técnicas estatísticas e não estatísticas: usadas em diversos momentos durante os processos de análise e tomada de decisão do método. O programa Seis Sigma é bastante vinculado com o uso de ferramentas estatísticas, no entanto, não necessariamente requer o uso de técnicas estatísticas. Muitas das melhorias são decorrentes mais pela aplicação da sistemática do Seis Sigma do que pelo uso de alguma técnica estatística.

O termo Sigma ( $\sigma$ ) mede a capacidade do processo em trabalhar livre de falhas. Ao tratar em Seis Sigma, significa redução da variação no resultado entregue aos clientes numa taxa de 3,4 falhas por milhão ou 99,99966% de perfeição.

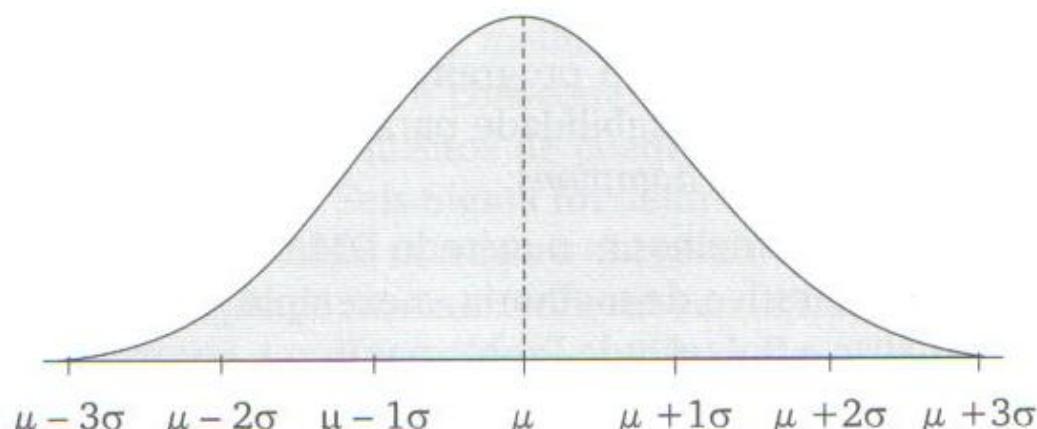
A metodologia Seis Sigma pode atuar, segundo Rotondaro (2011), de forma ampla e de diversas maneiras na empresa:

- *Benchmark*: usado como parâmetro para comparar a qualidade dos processos, produtos, características e operações, entre divisões, departamentos ou outras empresas.
- *Meta*: é uma meta de qualidade, ou seja, o nível de eficiência a que se quer alcançar com o Seis Sigma.
- *Medida*: é uma medida para certo nível de qualidade, a fim de determinar qual o índice Sigma do projeto.
- *Filosofia*: é uma filosofia que visa minimizar os defeitos em um processo de forma contínua e perpétua, e sua variabilidade buscando o zero de não conformidades.
- *Estatística*: é uma estatística calculada para as características do processo ou produto, para avaliar a performance comparada as tolerâncias determinadas.
- *Estratégia*: é uma estratégia que visa a melhor relação possível entre o projeto, fabricação, qualidade e confiabilidade de um produto.
- *Visão*: é uma visão de levar a empresa à excelência no ramo de atuação, de estender a qualidade além da expectativa do cliente.

### 3.2 BASE TEÓRICA DO SEIS SIGMA

A metodologia Seis Sigma trabalha com a distribuição normal de variáveis aleatórias contínuas (função com formato de sino), ou curva de Gauss (Figura 9), para avaliar o grau de performance dos processos.

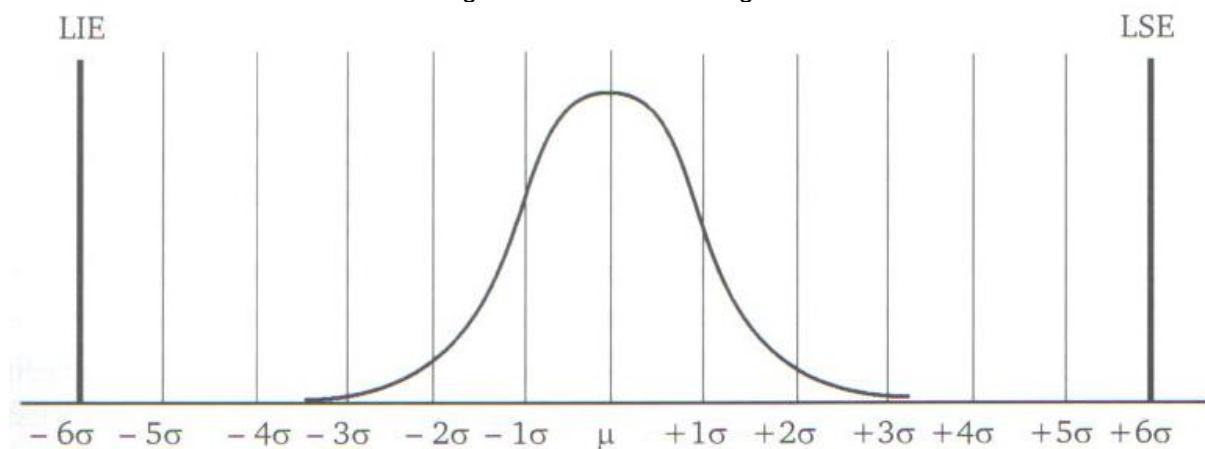
Figura 9 - Curva Normal ou de Gauss



Fonte: Carpinetti, 2010

O Sigma ( $\sigma$ ) significa desvio padrão, ou seja, o quanto um certo fator se afasta da média ( $\mu$ ). Assim, pelo conceito original, quando se trata de Seis Sigma, indica-se uma curva de Gauss, ou Normal, com determinada média  $\mu$  no centro, e um intervalo de  $12\sigma$  ( $+/-.6\sigma$ ) ao redor dessa média (Figura 10) o que remete a uma margem de não adequação do produto ou serviço em menos de 3 por bilhão para cada característica analisada.

Figura 10 - Curva Seis Sigma



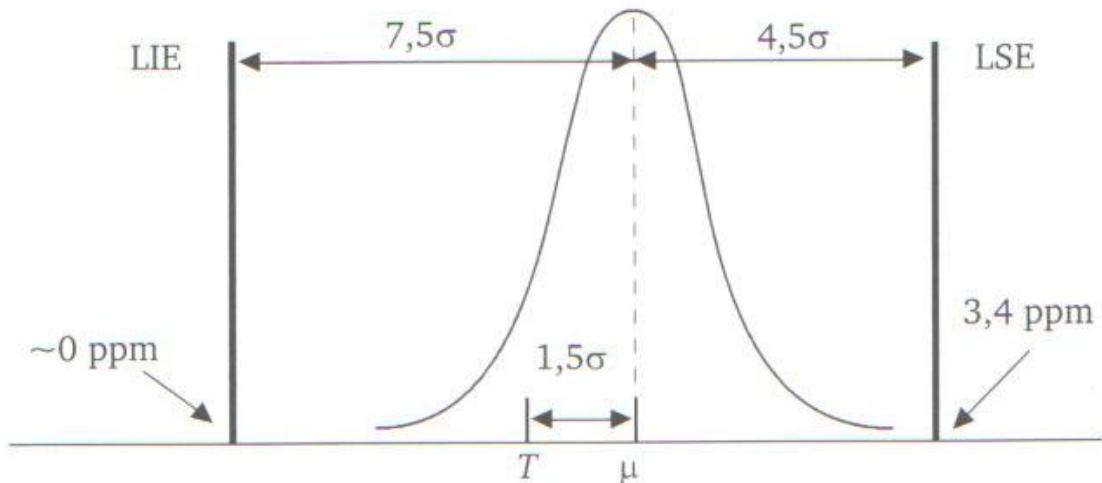
Onde: LIE: Limite inferior de especificação

LSE: Limite superior de especificação

Fonte: Carvalho, In: Rotondaro, 2011

Esse valor de defeituosos no entanto, é obtido de um contexto exclusivamente estatístico, contudo, ao trazer para a realidade das companhias, essa taxa não é praticável. Segundo Carvalho, *in* Rotondaro (2011) “[...]é difícil manter um processo sempre centralizado já que, a longo prazo, vários fatores provocam seu deslocamento, para cima ou para baixo, geralmente não superior a 1,5 desvios-padrão do centro da especificação[...]”, passando então para uma taxa de não conformidades de 3,4 ppm (partes por milhão), ou seja, estão fora do domínio compreendido entre o LIE e o LSE, como indica a Figura 11.

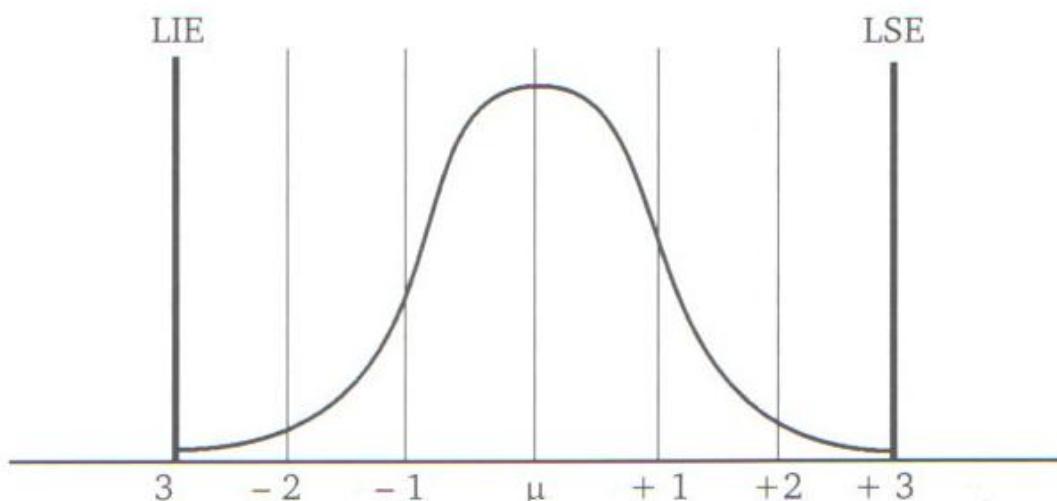
Figura 11 - Capacidade a longo prazo



Fonte: Carvalho, In: Rotondaro, 2011

Embora o ideal seja a adequação dos processos das companhias ao modelo Seis Sigma especificado acima ( $\pm 6\sigma$ ), a maioria das boas empresas em todo o mundo utiliza, no máximo, o intervalo de  $6\sigma$  ( $\pm 3\sigma$ ) (Figura 12), isso significa, pelos valores da Curva Normal, que 99,73% dos produtos produzidos estão dentro da tolerância, ou, que 2700 serão defeituosos a cada 1 milhão produzidos. De acordo com Abrantes (2009), “do ponto de vista teórico e acadêmico, quando se fala estatisticamente ‘Seis Sigma’ refere-se  $\pm$  Três Sigma ( $\pm 3\sigma$ ) [...]”, o que por muitas vezes pode gerar confusão ao se misturar os conceitos.

Figura 12 - Curva Três Sigma



Fonte: Carvalho, In: Rotondaro, 2011

Para ilustrar o efeito do número de “Sigmas” a que os processos podem ser atribuídos, em relação à quantidade de não conformes, a Tabela 3 relaciona para distribuições normais, o número de desvios padrão entre a média e os limites de especificações, com a quantidade provável de itens defeituosos.

Tabela 3 - Intervalo Sigma *versus* itens defeituoso

Intervalo de Sigma	Probabilidade de itens defeituosos (valor por milhão)	Observação
+/- 1 $\sigma$ (Total = 2 $\sigma$ )	317.320,0000	Existe na prática
+/- 2 $\sigma$ (Total = 4 $\sigma$ )	45.500,0000	Comum na prática
+/- 3 $\sigma$ (Total = 6 $\sigma$ )	2.700,0000	Limite considerado bom
+/- 4 $\sigma$ (Total = 8 $\sigma$ )	64,0000	64 000 por bilhão
+/- 5 $\sigma$ (Total = 10 $\sigma$ )	0,6000	600 por bilhão
+/- 6 $\sigma$ (Total = 12 $\sigma$ )	0,0025	2,5 por bilhão (FILOSOFIA SEIS SIGMA)

Fonte: Abrantes, 2009 Adaptado

Em suma, a tabela mostra com clareza que quanto maior o número de sigmas, melhor o nível de qualidade. No entanto, conforme Rotondaro (2011) “a meta do Seis Sigma não é alcançar níveis Seis Sigma de qualidade. Seis Sigma está relacionado à melhoria da lucratividade. Organizações que implementam Seis Sigma fazem isso com a meta de melhorar seus lucros”.

### 3.3 HISTÓRICO

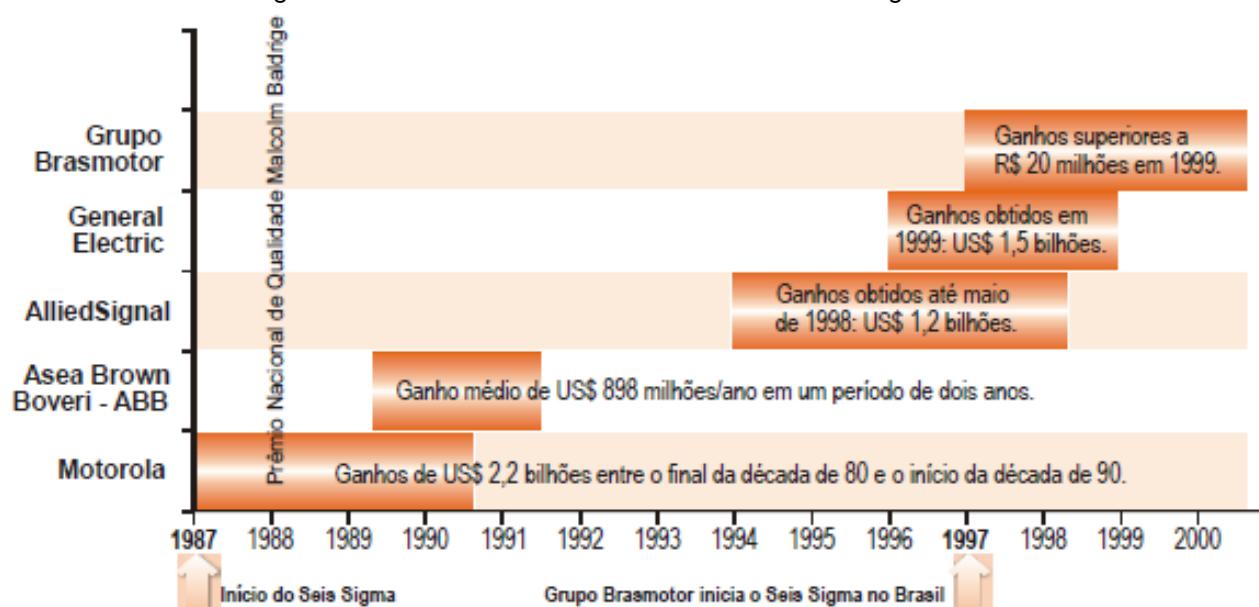
O programa Seis Sigma foi desenvolvido pela Motorola no final da década de 80, época em que enfrentava vários problemas com seus produtos frente aos concorrentes, como uma metodologia que pudesse medir essas falhas e suas variações, fornecendo assim um foco claro sobre qual a origem dos defeitos sobre o qual as melhorias deveriam ser enfatizadas. Os conceitos, as ferramentas e o sistema Seis Sigma tem evoluído ao longo dos anos e vem se expandindo em grande escala pelo mundo inteiro, como uma importante metodologia para empresas que procuram a melhoria continua da qualidade de seus produtos ou serviços.

Na década de 80, muitas empresas estavam sendo “engolidas” pela concorrência japonesa, não diferentemente, a Motorola era uma delas. Foi então que a empresa constatou que não possuía um programa de qualidade comparável aos seus concorrentes do outro lado do mundo. No entanto, em 1986 a Motorola inovou ao emergir com uma técnica de melhoria da qualidade que buscava a falha zero, surgia então a metodologia Seis Sigma.

Em 1988, a Motorola ganhou o prêmio “The Malcolm Baldrige National Quality Award”, criado pela conceituada ASQ (American Society for Quality), o que consolidou o Seis Sigma como um método eficaz de melhoria da qualidade e produtividade.

Desde a sua criação, diversas empresas em todo o mundo empregaram o Seis Sigma em suas instituições, alcançando retornos financeiros muito expressivos para períodos relativamente curtos de tempo conforme indica a Figura 13. Mais recentemente, a partir do fim da década de 90, empresas brasileiras começaram a implantar o Seis Sigma, sendo a primeira o Grupo Brasmotor a introduzir o programa em suas atividades (WERKEMA, 2002a, In: ANDRIETTA & MIGUEL, 2007).

Figura 13 - Resumo histórico de resultados do Seis Sigma



Fonte: Grupo Werkema

Posteriormente, outras diversas empresas brasileiras adotaram a metodologia, e também obtiveram grandes economias com a aplicação do Seis Sigma, comprovando sua eficácia (Tabela 4).

Tabela 4 - Resultados do Seis Sigma no Brasil

Empresa	Retorno Financeiro do Seis Sigma
Aços Villares	Retorno de cerca de 30 vezes o valor do investimento. Fonte: Revista Banas Qualidade, junho 2006.
AGCO	Retorno financeiro de sete milhões de reais entre 2004 e 2005. Fonte: Revista Banas Qualidade, junho 2006.
América Latina Logística (ALL)	Resultados financeiros dos projetos dos 9 primeiros Black Belts treinados: R\$70,00 para cada R\$1,00 investido. Fonte: Seminário Seis Sigma à Brasileira, 17/09/2003, Werkema Consultores e Revista Banas Qualidade.
Tupy Fundições	Ganho anual de 12,7 milhões de reais com os projetos de 21 Black Belts e 30 GreenBelts. Fonte: Seminário Seis Sigma à Brasileira, 17/09/2003, Werkema Consultores e Revista Banas Qualidade.
Villares Metals	Relação de R\$70,00 de ganho para cada R\$1,00 investido, obtida com três projetos Black Belt e sete projetos GreenBelt. Fonte: Revista Banas Qualidade, junho 2006.
Votorantim Cimentos	Ganho real anual de R\$31,2 milhões com os primeiros 143 projetos concluídos. Fonte: Revista Falando de Qualidade, junho 2004.
Votorantim Metais	Retorno financeiro de 98 milhões de reais com os primeiros 134 projetos certificados. Fonte: Fórum Seis Sigma 2005, 05/10/2005, Werkema Consultores.

Fonte: Grupo Werkema, Adaptado

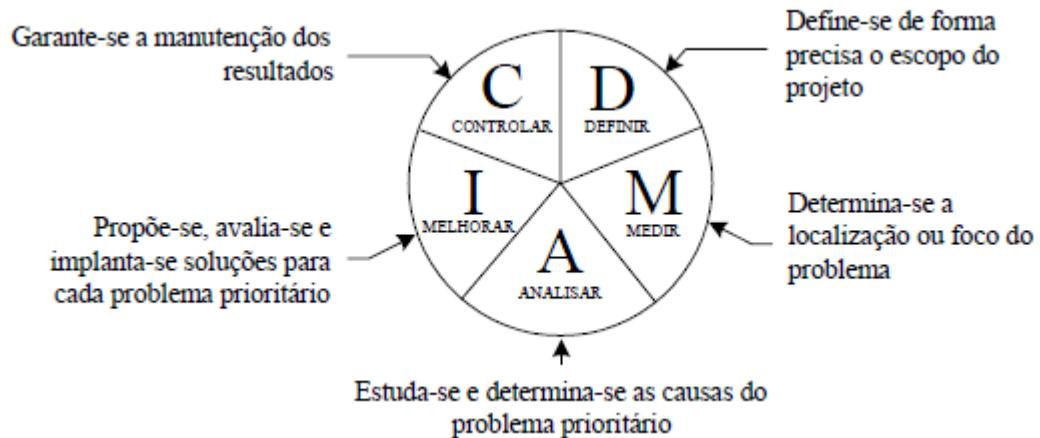
### 3.4 O QUE É DMAIC

O modelo DMAIC para melhoria dos processos é o coração da metodologia Seis Sigma. DMAIC é um acrônimo para:

- *Define* (Definir)
- *Measure* (Medir)
- *Analyze* (Analisar)
- *Improve* (Melhorar)
- *Control* (Controlar)

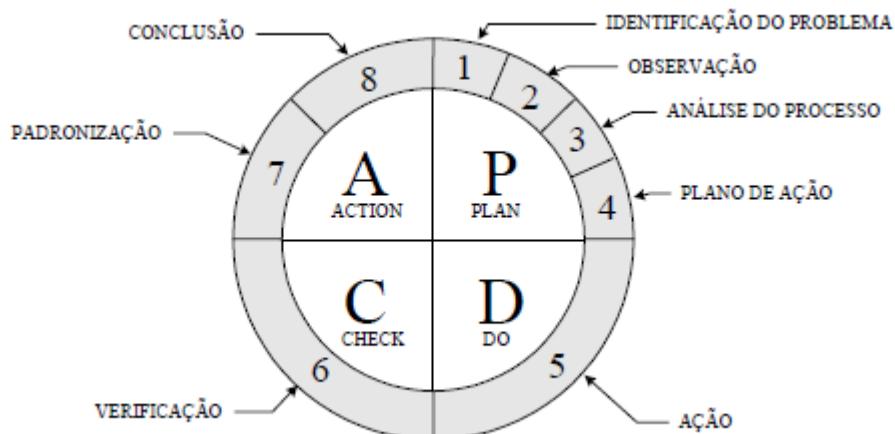
As etapas indicadas acima do DMAIC (Figura 14) são, em termos gerais, as mesmas do PDCA (*Plan, Do, Check & Action*) (Figura 15) de Deming, porém estruturadas de forma diferente. A Figura 16 indica a relação entre os dois métodos.

Figura 14 - Método DMAIC



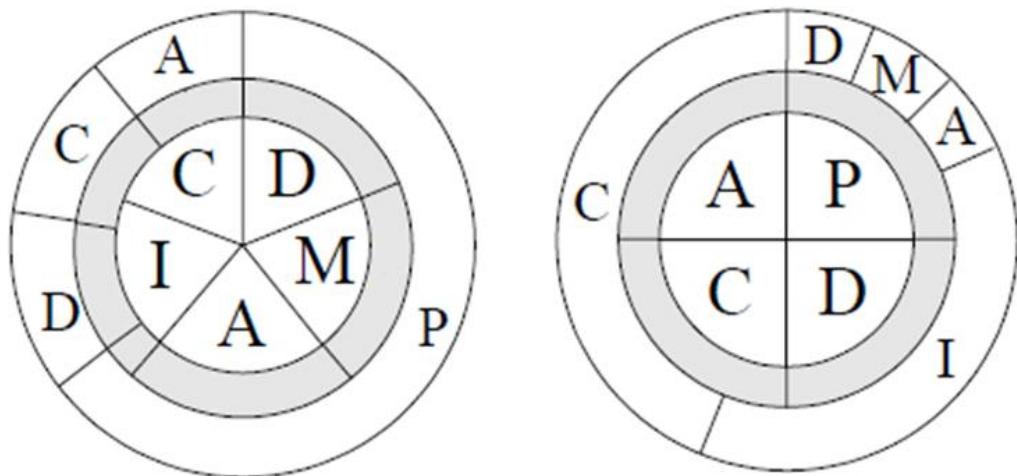
Fonte: Franz & Caten, 2003

Figura 15 - Ciclo PDCA



Fonte: Franz & Caten, 2003

Figura 16 - Relação entre DMAIC e PDCA



Fonte: Franz &amp; Caten, 2003 Adaptado

Cada etapa do DMAIC concentra diversos levantamentos de informações e ações a serem realizadas antes de passar para a próxima etapa. Nos próximos subitens, isso será tratado mais especificamente, contudo de forma a adiantar, a Figura 17 indica uma visão macro dessa estrutura.

Figura 17 - Subdivisão do DMAIC



Fonte: FDG, 2007

### **3.4.1 Definir (*Define - D*)**

Durante essa etapa, é definido claramente o escopo do projeto Seis Sigma. Dessa forma, deve ficar evidente qual o objeto de estudo, quais os principais problemas e os processos que os geram, o efeito indesejável que se deseja eliminar, qual a meta geral a que se quer atingir (determinada por *benchmark* ou por avaliação do histórico do processo) e quais os custos e benefícios financeiros que poderão resultar do projeto de melhoria. É também durante a etapa Definir que as pessoas são treinadas para o uso das técnicas e ferramentas que poderão ser usadas durante o projeto, além de ser definidos os grupos de trabalho.

### **3.4.2 Medir (*Measure - M*)**

Após a definição do problema que será atacado, o objetivo dessa fase é buscar e coletar dados que auxiliem na investigação das características específicas do problema e ajudem na descoberta de suas causas.

Essa é a etapa em que são aplicadas as ferramentas estatísticas para medir o desempenho dos processos, determinar as suas variabilidades, apresentar os dados graficamente e definir o nível Sigma atual do projeto.

Em última análise, é essa fase que evidencia o principal problema associado ao projeto Seis Sigma.

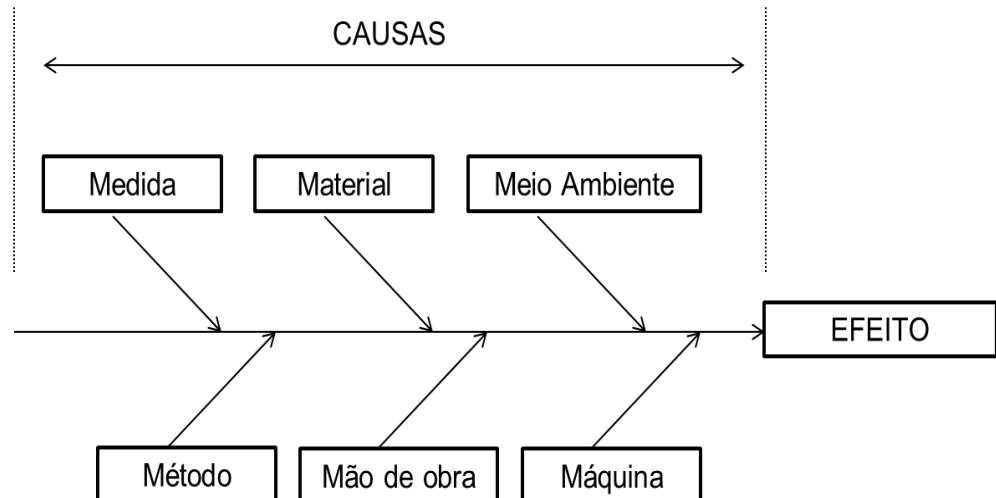
### **3.4.3 Analisar (*Analyze - A*)**

Na etapa de análise, o objetivo fundamental é levantar e encontrar as principais causas por trás do problema. Para tal, os dados levantados na fase anterior irão servir de base para os estudos e conclusões pertinentes (CARPINETTI, 2010).

Ou seja, a ideia é converter as informações e os dados brutos coletados anteriormente, a fim de encontrar relacionamento entre o efeito (problema) e suas causas. Para tanto, as ferramentas fundamentais são os diagramas de causa e

efeito ou de Ishikawa (Figura 18), em que geralmente o tronco das causas dos problemas são mão de obra, meio ambiente, medidas, materiais, máquinas e métodos, conhecidos como os 6M's.

Figura 18 - Diagrama de Ishikawa



Fonte: Abrantes, 2009 Adaptado.

Com o fim dessa etapa, espera-se ter chegado a uma boa explicação para o problema e identificado oportunidades de melhorias.

#### 3.4.4 Melhorar (*Improve – I*)

Com a análise de causas fundamentais dos problemas feita, nessa etapa devem ser geradas ideias sobre soluções para como neutralizar ou minimizar os efeitos dessas causas. Dessa forma, segundo Carpinetti (2010), deve-se planejar e executar as ações de melhoria levantadas. Para tanto, se realizam mudanças para bloquear os problemas e mede-se o grau de influências dessas mudanças para valiar se foram de fato benéficas, ou se é necessária uma reavaliação.

#### 3.4.5 Controlar (*Control – C*)

Essa etapa envolve o fechamento das melhorias do projeto. É nesse momento em que se verifica se as mudanças estão gerando resultados dentro do previsto e desejado. Caso realmente tenham surtido efeito, é importante rever os

procedimentos, de modo a garantir que as melhorias não se percam, e desenvolver um tipo de ferramenta de controle para que sejam mantidas dentro do intervalo de tolerância aceitável. Em caso negativo, é necessário reavaliar as melhorias propostas e gerar novas ações a serem executadas a fim de atingir a qualidade desejada.

## 4 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

### 4.1 INTRODUÇÃO AO ESTUDO DE CASO

Tendo em vista os objetivos estratégicos da DIPE (Diretoria de Pelotização da VALE) e seu planejamento acerca da produção, foram definidos fatores críticos de sucesso e os indicadores estratégicos que monitoram e mensuram a performance de tais fatores. Dentre tais indicadores, encontra-se a produtividade da grelha, bem como o volume de produção.

Sabendo que o circuito do pátio de pelotas tem fundamental importância no processo, onde paradas por manutenções corretivas ou preventivas podem acarretar significativos prejuízos no que tange o volume de produção transportado, este se constitui como um dos pontos críticos para se alcançar os objetivos estratégicos.

De tal maneira, o projeto em estudo visa à aplicação da metodologia seis sigma na redução de perdas do circuito do pátio de pelotas, proporcionando maior produtividade da grelha e consequintemente maiores volumes de produção transportado.

### 4.2 FASE I - IDENTIFICAÇÃO DAS PRIORIDADES

Considerando o objetivo definido, verifica-se que no circuito do pátio de pelotas há um ponto crítico, onde paradas do circuito por manutenções corretivas e preventivas podem acarretar significativas perdas de produção, impactando diretamente no volume de produção transportado.

Apesar de existir o circuito de emergência em paralelo ao circuito do pátio de pelotas, o qual tem como finalidade evitar perdas de produção acarretadas por paradas no circuito do pátio de pelotas, este somente tem conseguido mitigar estas perdas, tendo em vista que não suporta toda a produção das usinas. O circuito de emergência não acompanhou os seguidos repotenciamentos aplicados nas usinas durante seus mais de 30 anos de funcionamento, não suportando assim o volume

atual de produção, quando se faz necessário seu uso. Verifica-se a necessidade de redução da produção de pelotas em torno de 36%, devido a incapacidade da produção do circuito de emergência das usinas. Estas perdas de produção são muito significativas e acarretam em grandes prejuízos à empresa, sendo necessário atuar de maneira a buscar a solução. Este problema é uma das prioridades deste projeto.

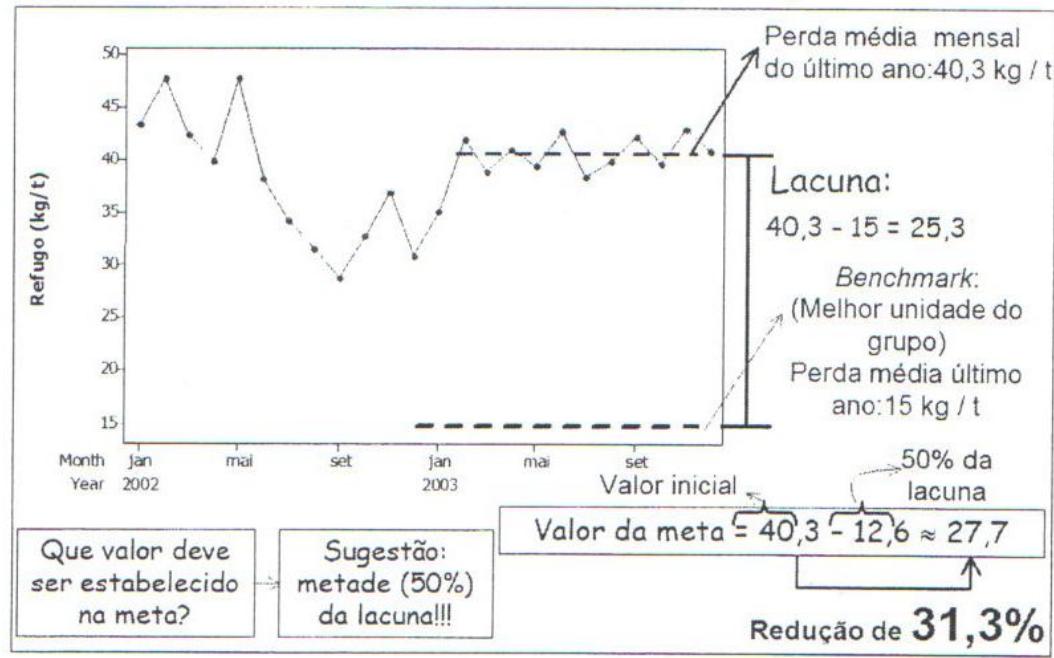
#### 4.3 FASE II - ESTABELECIMENTO DA META GERAL

Para se estabelecer a meta geral, pode-se fazer o uso de diversas ferramentas. No presente projeto, não se foi possível a análise do *benchmark*, tanto interno quanto externo. A análise do *benchmark* externo se impossibilita tendo em vista que cada usina e cada equipamento têm suas particularidades, não sendo assim possível a comparação entre eles. Impossibilitou-se também a análise do *benchmark* interno, pois foi vivido um longo período de crise de mercado, onde se reduziram os investimentos em manutenção causando enormes perdas de produção, e anteriormente a crise de mercado não há a rastreabilidade dos dados, pois o registro no sistema era feito de maneira diferente a da atual, onde não se classificava pela natureza (corretiva, preventiva ou operacional), mas sim pelos responsáveis e somente por estes, inutilizando-se então estes dados para a análise.

Sendo assim foi utilizado inicialmente o método da lacuna, o qual está explicado para um caso fictício na Figura 19. Para tal método foi tomado como referência o período entre Abril de 2010 a Maio de 2011, e se excluiu deste período o mês de Fevereiro de 2011, pois não tem representatividade para a análise, tendo-se em vista que o ínfimo valor das perdas obtidas neste mês não representa fidedignamente a realidade das usinas. Desta maneira, utilizando o método da lacuna obtivemos uma meta calculada de 42% de redução das perdas. Entretanto, fazendo-se uma análise mais profunda, tomando-se como base o atual patamar da manutenção das usinas Nibrasco, foi visto que a meta calculada por este método era arrojada e inalcançável. Sendo assim, baseado no resultado obtido pelo método da lacuna e na experiência dos colaboradores atuantes na área, foi definida a meta de

30% de redução de perdas de produção causadas por manutenções corretivas e preventivas.

Figura 19 - Método da Lacuna



Fonte: FDG, 2007

#### 4.4 FASE III - DESDOBRAMENTO DO PROBLEMA

Objetivando encontrar os pontos focais a serem trabalhados, se estratificou os dados referentes às perdas de produção no circuito do pátio de pelotas, tomando como base o período em que os dados possuíam rastreabilidade e eram fidedignos à realidade atual das usinas e sua manutenção. Assim sendo, foi estratificada as perdas de produção do circuito no período entre Abril de 2010 e Maio de 2011, nos seguintes níveis de estratificação: Natureza, Responsável, Equipamento e Detalhamento da ocorrência, como indicado na Tabela 5 e na Tabela 6.

Ao término da estratificação se obteve os pontos focais, sendo todos de responsabilidade mecânica. Estes foram definidos pois possuíam maior representatividade nas perdas de produção do circuito no período em análise, são eles:

- Emenda corretiva no 6PP3 (12,02%)
- Corretiva por rasgo do 6PP4 (8,71%)

- Troca corretiva do 6PP3 (5,46%)
- Troca preventiva da correia do 6PP2 (8,62%)
- Emenda preventiva no 6PP4 (3,14%)

Em paralelo a esta análise dos dados referentes ao circuito do pátio de pelotas, foi feita a análise e quantificação dos problemas relacionados ao pátio de emergência, mais especificamente a cerca da restrição da capacidade do pátio de emergência. Desta análise se constatou que 40% dos problemas analisados na primeira estratificação estavam intrinsecamente ligados de alguma maneira à restrição do pátio de emergência, seja por restrição física do pátio ou por falta de disponibilidade ou capacidade dos transportadores de correias e outros equipamentos que o constituem. Porém não foi possível avançar além deste ponto de estratificação devida à falta de rastreabilidade dos dados, onde somente foi constatada a restrição do pátio, mas não o tipo ou causa da restrição. Assim temos a restrição do pátio de emergência, no sentido mais amplo das possíveis causas de restrição, como um dos pontos focais a serem trabalhados neste projeto.

Tabela 5 - Estratificação dos dados das Preventivas no nível do detalhamento

Natureza	Responsável	Equipamento	Detalhamento	Duração	% do total
Preventiva	Mecânica	6PP4	Preventiva Condisional	16,5	8,39%
			Emenda	6,17	3,14%
			Troca Correia	3,99	2,03%
			Porto	0,5	0,25%
		6PP3	Preventiva Condisional	5,68	2,89%
			Rolote	3,97	2,02%
			Troca Correia	1,92	0,98%
		6PP2	Troca Correia	16,96	8,62%

Fonte: Costa, 2011 Adaptado

Tabela 6 - Estratificação dos dados das Corretivas no nível do detalhamento

Natureza	Responsável	Equipamento	Detalhamento	Duração	% do total
Corretiva	Mecânica	6PP4	Rasgo	17,14	8,71%
			Emenda	5,44	2,77%
			Acionamento	4,01	2,04%
			Troca Correia	1,11	0,56%
			Rolete	1,05	0,53%
			Chute	0,45	0,23%
			Desalinhamento	0,16	0,08%
		6PP3	Emenda	23,64	12,02%
			Troca Correia	10,75	5,46%
		6PP2	Troca Correia	6,9	3,51%
			DBV	1,66	0,84%
			Emenda	0,92	0,47%
			Chute	0,08	0,04%

Fonte: Costa, 2011 Adaptado

#### 4.5 FASE IV - DETERMINAÇÃO DE OPORTUNIDADES NAS VARIAÇÕES

Durante esta fase do desenvolvimento do projeto se faz a análise gráfica dos diversos pontos focais oriundos da estratificação feita na fase anterior e por meio destas análises se buscar oportunidades de melhorias no desempenho de cada ponto focal.

Existem diversas ferramentas que dão suporte a esta análise, onde a mais utilizada e recomendada é a análise por cartas de controle, porém foram observadas algumas

barreiras para a utilização desta ferramenta. Primeiramente se deu a falta de dados referente ao circuito, tendo em vista que a troca de uma mesma correia com alguma falha, seja por rasgo ou problema na emenda, não se dá com frequência, remetendo assim a busca por dados históricos a um período onde o registro das ocorrências na manutenção se dava de maneira diferente da atual. De tal maneira se impossibilitou a análise conjunta destes dados, e então se restringindo a análise ao período mais recente de dados, o qual apesar de mais fidedigno à realidade das usinas, não se tem em quantidade suficiente para se fazer uma análise estatística.

Partindo-se então para a análise meramente gráfica, deparou-se com o segundo problema, o qual foi a rastreabilidade deficiente dos dados. Tendo em vista que não há registros no sistema exclusivamente sobre funcionamento de cada transportador de correia, buscou-se então conflitar os dados referentes ao peso do material transportado com os registros de perda de produção acarretados por algum transportador de correia. Analisou-se o peso do material transportado limitando-se a análise à presença ou não de material no transportador de correia e assim conseguindo o sinal de funcionamento ou não deste. Entretanto a análise gráfica se inviabilizou devido a um número insuficiente de dados que a possibilitasse. Logo se fez necessária a busca por outras maneiras de estudo visando as melhorias.

Fazendo uma pesquisa por registros de falhas e das diversas ocorrências tidas no circuito do pátio de pelotas que motivaram algum tipo de estudo, se encontrou diversos registros da utilização ferramentas como a Análises de Falha, MCS's (Motivo, Causa e Solução), AAR's (*After Action Reveiw*) e inclusive estudos de repotenciamentos que aprimorariam o circuito de emergência, logo mitigando as perdas causadas por manutenções no circuito do pátio de pelotas. Baseado nestes estudos foi vista a oportunidade de redução das perdas no pátio de pelotas, tendo em vista que estes estudos foram motivados por ocorrências que acarretaram em significantes perdas de produção.

#### 4.6 FASE V - ESTABELECIMENTO DAS METAS ESPECIFICAS

Após a determinação dos pontos focais obtidos através da estratificação dos dados feita na Fase III e da determinação das oportunidades feita na Fase IV, fez-se então a análise conjunta das informações obtidas nestas duas fases anteriores. Esta análise foi realizada de maneira a se atuar nos pontos com alguma capacidade de melhoria identificada nos tratamentos das falhas passadas, tendo em vista que alguns dos pontos focais identificados durante a estratificação dos dados não foram tratados quando ocorridos, pois não se deu esta necessidade, ou não se possui registro de tais tratamentos, já que são falhas antigas que nos remetem a anos atrás, quando o sistema de tratamento de falhas tinha seu registro diferente do atual. Assim sendo foi listado os pontos focais, como mostrado na Tabela 7, obtidos da estratificação dos dados e com as devidas oportunidades de melhoria identificadas durante a análise de oportunidades.

Tabela 7 - Cálculo das prioridades dos Pontos Focais

FOCO	Prioridade	Índice de Prioridades	Índice de Criticidade	Índice de Potencial de Redução	Índice de Autoridade
Emenda Corretiva 6PP3	1	60,67	12,02	70%	100
Corretiva por Rasgo 6PP4	2	59,57	8,71	70%	100
Emenda Preventiva 6PP4	3	44,38	3,14	30%	100
Restrição no circuito do Pátio de Emergência	4	40,06	40,18	70%	10

Fonte: Costa, 2011 Adaptado

Estes pontos focais foram ordenados seguindo o índice de Prioridades, o qual é calculado somando-se os índices de criticidade, potencial de redução e de autoridade, todos transformados em uma mesma escala. O índice de criticidade é puramente o percentual de participação do determinado foco nas perdas de produção total da Usina. O índice de potencial de redução é um valor estimado através do conhecimento técnico dos colaboradores da equipe de Transportadores

de Correia. O índice de autoridade mensura a capacidade de poder e/ou influencia de decisão a cerca do determinado assunto, assim foi dado 100 para o ponto focal no qual a equipe de Transportadores de correia tem direto poder de decisão, 50 para o ponto focal no qual a equipe tem influência na decisão, e 10 para o qual a equipe não tem poder nem influência de decisão.

Tendo sido dada a devida prioridade a cada ponto focal, foi calculada a meta específica para tal, obtendo os resultados evidenciados na Tabela 8.

Tabela 8 - Cálculo das metas específicas

FOCO	Prioridade	Potencial de Redução Percentual	Meta de Redução Percentual	Contribuição para atingir a Meta Geral	Suficiente para alcançar a Meta?
Emenda Corretiva 6PP3	1	70%	56%	6,73%	Não
Corretiva por Rasgo 6PP4	2	70%	56%	4,88%	Não
Emenda Preventiva 6PP4	3	30%	24%	0,75%	Não
Restrição no circuito do Pátio de Emergência	4	70%	56%	22,50%	Sim

Fonte: Costa, 2011 Adaptado

A meta específica foi baseada no potencial de redução e aplicada a este, um fator de segurança, redefinindo este potencial para 80% do valor original, sendo assim definida cada meta específica, como mostrado na Figura 20.

Figura 20 - Definição de Metas Específicas

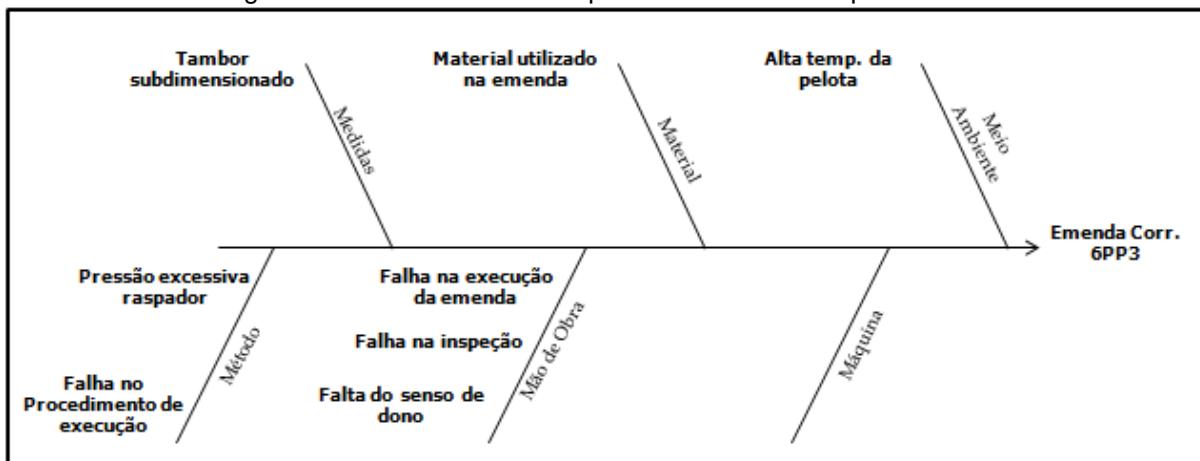
- 1. Reduzir as perdas de produção devidas à emenda corretiva na correia do 6PP3 em 56%.**
- 2. Reduzir as perdas de produção devidas manutenção corretiva causadas pela rasgo da correia do 6PP4 em 56%.**
- 3. Reduzir as perdas de produção causadas pela manutenção preventiva da emenda da correia do 6PP4 em 24%.**
- 4. Reduzir as perdas de produção causadas por restrições no pátio de emergência em 40%.**

Fonte: Costa, 2011 Adaptado

#### 4.7 FASE VI - IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS POTENCIAIS

Nesta fase se faz o aprofundamento em cada ponto focal, determinado as causas potenciais destes, de maneira a se encontrar os parâmetros passíveis de ajustes em cada processo, onde se podem conseguir melhorias. Estes parâmetros a serem ajustados podem ser desde parâmetros operacionais, como a temperatura da pelota transportada pelo equipamento, até parâmetros de projeto, como o diâmetro de um tambor do transportador de correia em questão, dentre outros. Desta forma foi feito um *brainstorming* com a participação de colaboradores da equipe de transportadores de correia, para cada ponto focal. Assim, foram listadas e organizadas as possíveis causas de falhas em um Diagrama de *Ishikawa* ou Causa e Efeito (Figura 21).

Figura 21 - Analise de Causas potenciais da Meta Específica nº 1



Fonte: Costa, 2011 Adaptado

#### 4.8 PLANO DE AÇÃO PRELIMINAR E SITUAÇÃO ATUAL

Analizando-se os resultados obtidos nas fases anteriores tem-se de maneira preliminar um conjunto de ações mitigadoras, as quais não constituem o Plano de Ação final do projeto, mas sim um Plano de Ação preliminar. Esse Plano de Ação Preliminar é embasado também por ações propostas em outras análises feitas em paralelo ao projeto Seis Sigma, porém que visam os mesmos equipamentos e que têm objetivos estratégicos alinhados com o projeto Seis Sigma. Este plano de ação, cujos prazos e respectivas delegações são de escopo interno da VALE, é constituído pelas seguintes ações:

- Instalação dos Detectores de rasgo nas Correias
- Aplicação da Prensa Automatizada
- Repotenciamento do Transportador de Correia 6Q63
- Repotenciamento do Transportador de Correia 6Q64
- Troca do Tambor de Acionamento do Transportador de Correia 6PP3

Entretanto o projeto em estudo teve durante seu desenvolvimento um adiamento em seu cronograma. Este adiamento foi causado pelo cenário econômico mundial onde a VALE se encontra inserida, no qual houve a queda na demanda do produto, e assim então acarretando tanto na redução da produção quanto na paralisação de alguns dos investimentos previstos para o período. Desta forma, se deu a

paralisação do investimento no repotenciamento do circuito do pátio de emergência, que previa a ampliação da capacidade dos transportadores de correia tidos como gargalos neste circuito, sendo de crucial importância para a alcançabilidade da meta geral do projeto. Outro ponto prejudicado por este cenário de mercado foi a aferição dos resultados, onde o mês de outubro seria em tese o mês no qual a meta deveria ser atingida de acordo com o cronograma em vigência naquele momento, assim esta aferição foi impossibilitada devido a redução da produção das usinas, o que acarreta na drástica redução da perda de produção devida a manutenção, e então mascarando o resultado obtido.

Tendo em vista o cenário do mercado e o que este acarreta, foi necessário assim postergar o cronograma previsto para o projeto, de maneira que este retome seu desenvolvimento normal em fevereiro de 2012, ficando paralisado na fase de implementação das melhorias.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analizando o contexto histórico da filosofia já mencionado neste trabalho, se mostrou evidente a eficácia desta. Evidência esta, dada pelos retornos financeiros proporcionados pelo uso do Seis Sigma a diversas empresas dos mais diferentes setores da economia. Além destes retornos tangíveis proporcionados pelo Seis Sigma, há também os intangíveis os quais são de igual importância, tendo em vista que aproxima do processo em análise a equipe envolvida no projeto, ampliando e reforçando o senso de dono de cada colaborador. Assim sendo, tem-se que apesar de o projeto estar paralisados, este possui um enorme potencial de retorno para a empresa, tendo em vista o grande prejuízo na produção, provocado por perda no circuito analisado, e também o plano de ação preliminar proposto no projeto antes da sua paralisação, onde este potencial de retorno será posto em prática na retomada do projeto.

Entretanto a maior barreira encontrada durante o desenvolvimento do projeto se deu acerca dos dados que embasariam a análise gráfica e estatística, onde se teve a falta de dados e a rastreabilidade deficiente dos dados existentes sobre os equipamentos do circuito do pátio de pelotas, como explicado neste trabalho. Tanto a análise estatística quanto a gráfica são de suma importância para o pleno desenvolvimento do projeto no que se refere filosofia seis sigma no nível métrico. Entretanto, como já mostrado neste trabalho, a filosofia seis sigma se da em três diferentes níveis e na utilização conjunta destes níveis. Neste caso em estudo o foco do projeto se deu no nível de metodologia, se tendo a aplicação do DMAIC durante seu desenvolvimento. Assim sendo, a falta de dados e a rastreabilidade deficiente dos dados disponíveis, não foram críticos de sucesso, mas sim críticos do pleno desenvolvimento da filosofia seis sigma em todos seus níveis, o qual não impossibilitou a proposta de melhorias no processo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ABRANTES, José. **Gestão da qualidade**. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2009. 369p.
- 2 ANDRIETTA, J. M; MIGUEL, P. A. C. **Aplicação do programa Seis Sigma no Brasil**: resultados de um levantamento tipo survey exploratório-descritivo e perspectivas para pesquisas futuras. In: Gest. Prod., São Carlos, SP. v.14, n. 2, p. 203-209. Mai-Ago, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v14n2/01.pdf>> Acesso em: 20 nov. 2011.
- 3 CAMPOS, Marco Siqueira. **Seis sigma**: presente e futuro. Disponível em: <[http://www.siqueiracampos.com/art\\_jan\\_03.asp](http://www.siqueiracampos.com/art_jan_03.asp)> Acesso em: 04 nov. 2011.
- 4 COSTA, Ivo. **Redução da perda de produção nas usinas V e VI devido a manutenção no pátio de pelotas**. Vitória – ES. Engenharia de manutenção, DIPE-GETOP-GAMIP, 2011.
- 5 CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Gestão da qualidade**: conceitos e técnicas. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 241p.
- 6 CARVALHO, M. M. de. – **Medindo o sigma do processo** – Cap. 6. In: ROTONDARO, Roberto G.(coord.). **Seis sigma: Estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2011. 375p.
- 7 CEMA, Conveyor Equipment Manufacturers Association. **Belt conveyors for bulk materials**. 5. ed. Naples, Florida, USA. Jul. 2002, 484 p.
- 8 FDG, Fundação de Desenvolvimento Gerencial. **Apostila Green Belts Industrial**, Versão 7, Jul. 2007.
- 9 FRANZ, L. A. dos S; CATEN, C. S. ten. **Uma discussão quanto à relação entre os métodos DMAIC e PDCA**. Porto Alegre, RS. Dez. 2003. Disponível em: <[http://www.oocities.org/br/luisantoniofranz/pe04\\_franz\\_03dez.pdf](http://www.oocities.org/br/luisantoniofranz/pe04_franz_03dez.pdf)> Acesso em: 07 nov. 2011.
- 10 GOOGLE [Internet], **Google Maps**. c2011. Disponível em: <<http://maps.google.com.br/maps?q=vitoria+es&hl=pt-BR&ie=UTF8&ll=-20.276871,-40.24101&spn=0.005465,0.010568&sll=-14.239424,-53.186502&sspn=45.124209,86.572266&vpsrc=6&hnear=Vit%C3%ADria+-+Esp%C3%ADrito+Santo&t=k&z=17>> Acesso em: 20 nov. 2011.
- 11 GRUPO WERKEMA. **Visão geral do Lean Seis Sigma**. <Apresentação de slides>.
- 12 MATOS, Jorge da Luz. **Implementação de um projeto de melhorias em um processo de reação química em batelada utilizando o método DMAIC**. Porto Alegre, RS. Dez. 2003. Disponível em: <<http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/JorgeLuzMatos.pdf>> Acesso em: 30 out. 2011.

- 13 MOTOROLA UNIVERSITY [Internet]. **What is Six Sigma?**; c2011. Disponível em:<[http://www.motorola.com/web/Business/\\_Moto\\_University/\\_Documents/\\_Static\\_Files/What\\_is\\_SixSigma.pdf](http://www.motorola.com/web/Business/_Moto_University/_Documents/_Static_Files/What_is_SixSigma.pdf)> Acesso em: 04 nov. 2011.
- 14 OLIVEIRA, Otávio J. et al. **Gestão da qualidade**: tópicos avançados. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 243p.
- 15 PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão estratégica da qualidade**: princípios, métodos e processos. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 220p.
- 16 PENA, Eloisio Queiroz. **Misturamento, pelotamento e classificação**. <Apresentação de slides> Fundação Gorceix – Escola de Minas – UFOP, 2010
- 17 PENA, Eloisio Queiroz. **Preparação de insumos**. <Apresentação de slides> Fundação Gorceix – Escola de Minas – UFOP, 2010
- 18 PENA, Eloisio Queiroz. **Processo de pelotização**: plantas de pelotização VALE. <Apresentação de slides> Fundação Gorceix – Escola de Minas – UFOP, 2010
- 19 PINHO, Carlos Tadeu Assumpção de. **Seis sigma**: uma proposta para implementação da metodologia em pequenas e médias empresas. Natal, RN. Jun. 2005. Disponível em: <[http://bdtd.bczm.ufrn.br/tesdesimplificado/tde\\_arquivos/6/TDE-2006-09-27T233653Z-307/Publico/CarlosTA.pdf](http://bdtd.bczm.ufrn.br/tesdesimplificado/tde_arquivos/6/TDE-2006-09-27T233653Z-307/Publico/CarlosTA.pdf)> Acesso em: 14 nov. 2011.
- 20 ROTONDARO, Roberto G. (coord.). **Seis sigma**: Estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2011. 375p.
- 21 SILVA, João Esmeraldo. **Engenharia de manutenção** <apresentação de slides>, Mai. 2010
- 22 TEKROLL [Internet], TEKROLL Equipamentos Industriais. **Transportador de correia côncava**; c2007. Disponível em: <[http://www.tekroll.com.br/transportador\\_correia\\_concava.html](http://www.tekroll.com.br/transportador_correia_concava.html)> Acesso em: 27 out. 2011.
- 23 VALE [Internet]. **Minério de ferro e pelotas**; c2010. Disponível em: <<http://www.vale.com/pt-br/o-que-fazemos/mineracao/minerio-de-ferro-e-pelotas/paginas/default.aspx>> Acesso em: 27 out. 2011.
- 24 VALE, VALE S/A. **Usinas de pelotização NIBRASCO**: peneiramento/emergência e pátio de pelotas. DIPE, Rev. 001/03, 75 p.
- 25 WENDLING, Floriano. **Queima, peneiramento, estocagem e recuperação de pelotas de minérios de ferro**. <apresentação de slides>Raeding Consultoria LTDA.
- 26 WERKEMA, M. C. C. **Criando a cultura Seis Sigma**. Rio de Janeiro: Qualitymark, v.1, 2002a.

**ANEXO A - Apresentação do Projeto da VALE**

Redução da perda de produção nas usinas V e VI  
devido a manutenção (corretiva, preventiva e  
condicional) no pátio de pelotas (circuito 6PP2, 6PP3,  
6PP4, 6PP6 e 6PP7)



Redução da perda de produção nas usinas V e VI devido a manutenção (corretiva, preventiva e condicional) no pátio de pelotas (círculo 6PP2, 6PP3, 6PP4, 6PP6 e 6PP7)

*Green Belt responsável: Ivo Costa*

*Equipe: Luiz Bortolon, Vinícius Frazzi*

*Gerente Geral: Marciano Batista (GETOP)*

*Gerente de área: Luis Bortolon (GAMIP)*

*Orientador: Márcia Dayrell*

*Início do projeto: Janeiro de 2011*

*Encerramento: Janeiro de 2012*



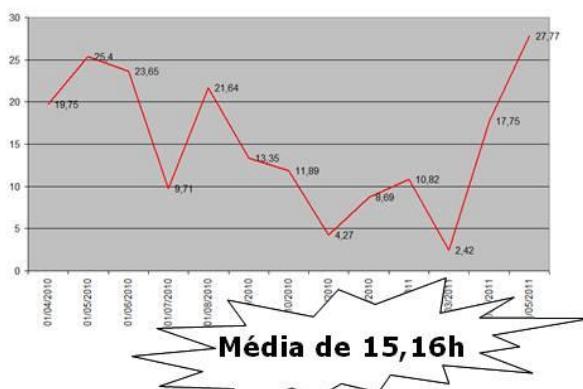
## Resultados alcançados

### Meta proposta

Reducir 30% das perdas de produção devido a manutenção no circuito do pátio de pelotas nas usinas V e VI

### Evolução do indicador

#### Perda de Produção (Horas)



### Ganhos do projeto

- ✓ Redução de 2735 ton. de pelotas queimadas perdidas mensalmente.
- ✓ Redução dos custos com manutenção.
- ✓ Melhoria nos indicadores da manutenção.
- ✓ Maior segurança no trabalho.
- ✓ Maior qualidade de vida dos colaboradores.

\* Período entre Abr/2010 e Mai/2011



## Metodologia Aplicada



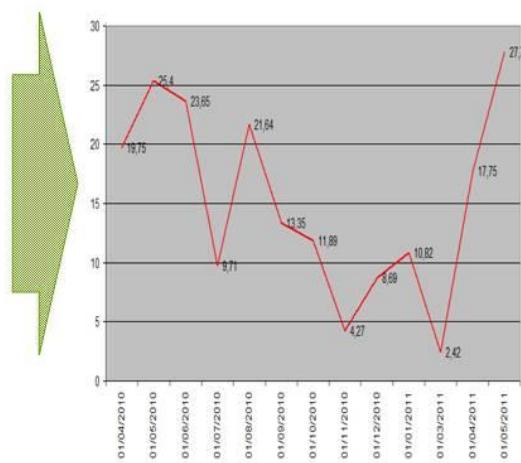
### Fase I - Identificação das prioridades

#### Problema / desafio

- Diminuir o numero de falhas e o tempo de manutenção nos equipamentos do circuito do Pátio de Pelotas, reduzindo assim o tempo de perda de produção.

#### Por que este problema foi escolhido?

- Tendo em vista que o circuito do pátio de pelotas é formado por equipamentos estratégicos para as usinas, onde a parada destes por algumas horas causam grandes perdas de produção, se dá a importância da redução destas ocorrências.
- Com a redução do numero e do tempo das manutenções nos equipamentos, se tem concomitante a redução de perdas, a redução da exposição dos colaboradores aos riscos inerentes a manutenção.



Fonte : Dados referente ao periodo entre Abr/2010 e Mai/2011 – Fonte: GPVPE



## Fase II – Estabelecimento da meta geral

### Meta

Reducir 30% das perdas de produção, saindo de 15,16h para 10,61h de perdas devido à manutenção no circuito do pátio de pelotas nas usinas V e VI



### Ganhos esperados

Redução das perdas de produção com retorno esperado de 2734,5 ton. de pelotas queimadas por mês em produção de pelotas. Além dos ganhos não mensuráveis.



Fonte: Dados referente ao período entre Set/2009 e Mai/2011 – Fonte: GPVPE



## Fase III – Desdobramento do problema

<u>Natureza</u>	<u>Responsável</u>	<u>Duracão</u>	<u>% do total</u>
Corretiva	Mecânica	100,15	50,91%
	Utilidades	0,47	0,24%
	Elétrica	0,39	0,20%
	Operação	0,19	0,10%
	Automação	0,17	0,09%
Preventiva	Mecânica	62,06	31,55%
Atraso Prev. Manut.	Mecânica	21,29	10,82%
Outros	Porto/Embarque	9,64	4,90%
	Fenômenos Naturais	0,04	0,02%
Operacional	Mecânica	0,12	0,06%
	Operação	2,1	1,07%
	Automação	0,09	0,05%

### Focos

Temos que as perdas de maiores representatividade são responsabilidade da Mecânica de natureza Corretiva (52%), seguida pela Preventiva (32%) e Atraso de Preventiva (11%).



Fonte : Dados referente ao período de Abr/2010 a Mai/2011 – Fonte GPVPE



### Fase III – Desdobramento do problema

<i>Natureza</i>	<i>Responsável</i>	<i>Equipe</i>	<i>Duração</i>	<i>% do total</i>
Corretiva	Mecânica	6PP4	37,13	18,88%
		6PP3	35,14	17,86%
		6PP6	10,02	5,09%
		6PP2	9,76	4,96%
		6PP7	6,85	3,48%
		6PP5	1,25	0,64%
		6PP4	30,47	15,49%
Preventiva	Mecânica	6PP2	16,96	8,62%
		6PP3	11,57	5,88%
		6PP6	2,79	1,42%
		6PP7	0,27	0,14%
		6PP4	5,32	2,70%
Atraso Prev. Manut.	Mecânica	6PP3	6,72	3,42%
		6PP6	5,2	2,64%
		6PP7	4,05	2,06%

Fonte : Dados referente ao período de Abr/2010 a Mai/2011 – Fonte GPVPE



### Fase III – Desdobramento do problema

<i>Natureza</i>	<i>Responsável</i>	<i>Equip.</i>	<i>Detalhamento</i>	<i>Duração</i>	<i>% do total</i>
Corretiva	Mecânica	6PP4	rasgo	17,14	8,71%
			emenda	5,44	2,77%
			Acionamento	4,01	2,04%
			Troca Correia	1,11	0,56%
			Rolete	1,05	0,53%
			Chute	0,45	0,23%
			Desalinhamento	0,16	0,08%
		6PP3	emenda	23,64	12,02%
			Troca Correia	10,75	5,46%
		6PP2	Troca Correia	6,9	3,51%
			DBV	1,66	0,84%
			emenda	0,92	0,47%
			Chute	0,08	0,04%

Fonte : Dados referente ao período de Abr/2010 a Mai/2011 – Fonte GPVPE

### Focos

Temos através do desdobramento do problema que, os equipamentos de maiores representatividade nas perdas de produção se encontram no:

- Corretiva mecânica no 6PP4 (19%)
- Corretiva mecânica no 6PP3 (18%)
- Preventiva mecânica no 6PP4 (15,5%)
- Preventiva mecânica no 6PP2 (8,62%)
- Preventiva mecânica no 6PP3 (5,88%)

### Focos

Temos através do desdobramento do problema que, os pontos de maiores representatividade nas perdas corretivas mecânicas são:

- Emenda 6PP3 (12,02%);
- Rasgo 6PP4 (8,71%);
- Troca de correia 6PP3 (5,46%);



### Fase III – Desdobramento do problema

Natureza	Responsável	Equipamento	Detalhamento	Duração	% do total
Preventiva	Mecânica	6PP4	N/A	16,5	8,39%
			emenda	6,17	3,14%
			Troca Correia	3,99	2,03%
			Porto	0,5	0,25%
		6PP3	N/A	5,68	2,89%
			Rolete	3,97	2,02%
			Troca Correia	1,92	0,98%
		6PP2	Troca Correia	16,96	8,62%

### Focos

Temos através do desdobramento do problema que, os pontos de maiores representatividade nas perdas de natureza preventiva são:

- Troca da correia do 6PP2 (8,62%);
- Emenda no 6PP4 (3,14%);
- Preventiva condicional no 6PP3, (2,89%);

Fonte : Dados referente ao período de Abr/2010 a Mai/2011 – Fonte GPVPE



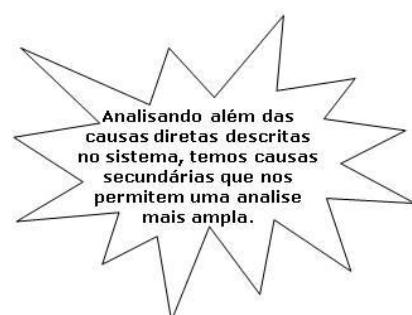
### Fase III – Desdobramento do problema

#### Desdobramento Secundário

<u>Detalhamento Secundário</u>	<u>Horas</u>	<u>%(do total)</u>
Restrição do pátio de Emergência	79,03	40%
Água da Emergência	3,45	2%
N/A	114,23	58%
Total Geral	196,71	100%

### Focos

Temos através do desdobramento secundário do problema que os pontos de maiores representatividade nas perdas de produção se encontram são relacionados com o Pátio de Emergência (40% do total)

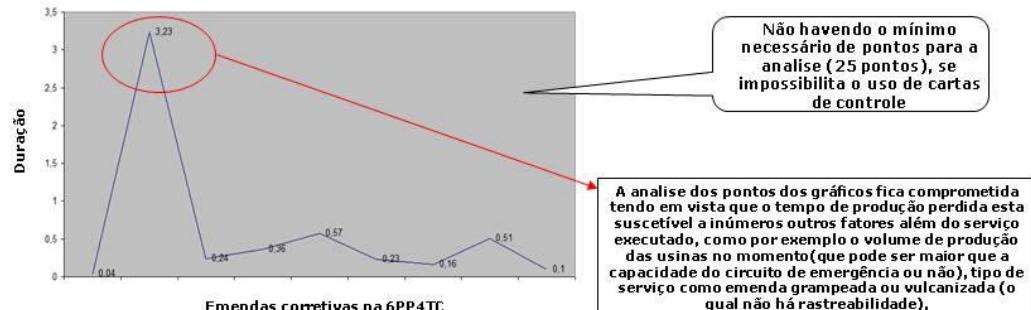


Fonte : Dados referente ao período de Abr/2010 a Mai/2011 – Fonte GPVPE



## Fase IV – Determinação das oportunidades nas variações

### Análise das variações:



Tendo em vista a impossibilidade de se fazer a análise gráfica, foi feita análise das oportunidades de melhorias identificadas nos estudos de rotina e não rotina da manutenção, com em AAR's, MCS's, Análises de Falha ou em Estudos de Repotenciamento.

Fonte : Dados referente ao período de Abr/2010 a Mai/2011 – Fonte GPVPE



## Fases IV e V – Oportunidades identificadas e metas específicas

### Oportunidades identificadas e Definição das metas específicas

FOCO	Prioridade (Foco)	Potencial de Redução Percentual	Meta de Redução Percentual	Contribuição para atingir a Meta Geral	Suficiente para alcançar a Meta?
Emenda Corretiva 6PP3	1	70%	56%	6,73%	não
Corretiva por Rasgo 6PP4	2	70%	56%	4,88%	não
Emenda Preventiva 6PP4	3	30%	24%	0,75%	não
Restrição no circuito do Pábio de Emergência	4	70%	56%	22,50%	sim

**A priorização dos focos foi feita levando em consideração os índices de criticidade, de potencial de redução e de autoridade.**

Fonte : Dados referente ao período de Abr/2010 a Mai/2011 – Fonte GPVPE



## Fase V – Estabelecimento das metas específicas

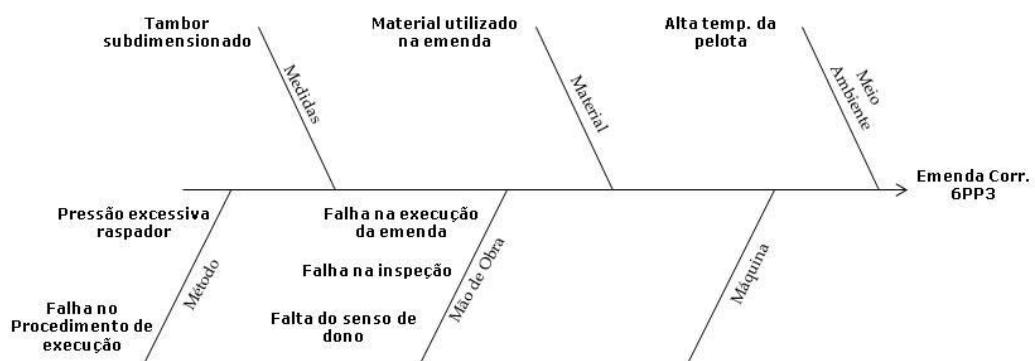
### Metas específicas estabelecidas

- **Reducir as perdas de produção devidas à emenda corretiva na correia do 6PP3 em 56%.**
- **Reducir as perdas de produção devidas manutenção corretiva causadas pela rasgo da correia do 6PP4 em 56%.**
- **Reducir as perdas de produção causadas pela manutenção preventiva da emenda da correia do 6PP4 em 24%.**
- **Reducir as perdas de produção causadas por restrições no pátio de emergência em 40%.**



## Fase VI – Identificação das causas potenciais

### Meta específica 1 - Reduzir as perdas de produção devida à emenda corretiva na correia do 6PP3 em 56%.



Fonte: Participaram do brainstorming: Ivo Costa, Victor Borel e Vinícius Frazzi.



# Anexos



## Anexo: Definição do Valor da Meta

Considerando os dados após a recuperação da produção da usinas do período de pós crise e excluindo do mês de Fev/2011, o qual não representa fielmente a realidade da usina, sendo este uma seção coincidências culminado no pouco tempo de perda, teríamos pelo método da Lacuna o valor de:

$$15,16h - (15,16h - 2,42h)/2 = 8,72h \text{ (42\% de redução)}$$

Tendo em vista que 42% de redução de perdas é uma meta inalcançável tendo em vista o cenário da manutenção atual das Usinas, esta **meta foi reduzida para 30%**, se tornando realista e alcançável.



## **Anexo: Quantificação do Retorno**

Sendo a redução de 30% nas perdas de produção, equivalente a 4,55 horas/mês de produção, em uma produção média de 601 ton./h, temos assim a redução mensal de 2735 ton. de pelotas queimadas.



## **Anexo: Desdobramento do Problema Completo**



## Anexo: Tabela de priorização

FOCO	Prioridade	Índice de Prioridades	Índice de Criticidade	Índice de Potencial de Redução	Índice de Autoridade
Emenda Corretiva 6PP3	1	60,67	12,02	7,0	100
Corretiva por Rasgo 6PP4	2	59,57	8,71	7,0	100
Emenda Preventiva 6PP4	3	44,38	3,14	3,0	100
Restrição no circuito do Pátio de Emergência	5	35,06	40,18	5,5	10

• Para o índice de prioridade, foram somados os três índices, Criticidade, Potencial de redução e autoridade, de maneira que estes variam de 0 a 100.

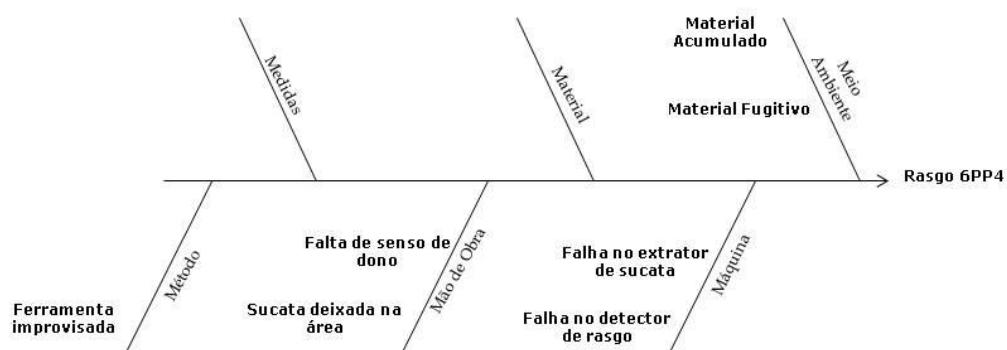
• Para o índice de criticidade foi utilizado o percentual de representatividade do problema nas perdas totais.

• No índice de potencial de redução foi utilizado a capacidade de redução que este ponto focal possui.

• No índice de autoridade foi dado como 100 para ações diretamente ligadas a equipe de Transportadores de Correias, e 50 para as indiretas, e 10 para as que a equipe não tem poder e decisão.



**Meta específica 2 - Reduzir as perdas de produção devidas manutenção corretiva causadas pelo rasgo da correia do 6PP4 em 56%.**



**Fase VI - Identificação das causas potenciais**

Fonte: Participaram do brainstorming: Ivo Costa, Victor Borel e Vinícius Frazzi.



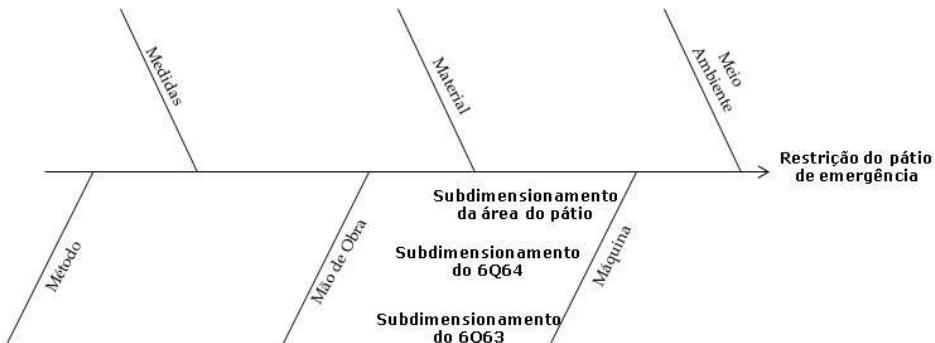
**Meta específica 3 - Reduzir as perdas de produção causadas pela manutenção preventiva da emenda da correia do 6PP4 em 24%.**



Fonte: Participaram do brainstorming: Ivo Costa, Victor Borel e Vinícius Frazzi.



**Meta específica 4 - Reduzir as perdas de produção causadas por restrições no pátio de emergência em 40%.**



Fonte: Participaram do brainstorming: Ivo Costa, Victor Borel e Vinícius Frazzi.

