

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - PECE
GUSTAVO FERREIRA COSTA

PROJETO DE EXCELÊNCIA OPERACIONAL PARA
FORNECEDORES DE AÇO FUNDIDO EM UMA INDÚSTRIA
MECÂNICA.

São Paulo
2012

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - PECE
GUSTAVO FERREIRA COSTA

PROJETO DE EXCELÊNCIA OPERACIONAL PARA
FORNECEDORES DE AÇO FUNDIDO EM UMA INDÚSTRIA
MECÂNICA.

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo como requisito de conclusão da
disciplina Monografia II do MBA de
Engenharia da Qualidade

São Paulo
2012

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - PECE
GUSTAVO FERREIRA COSTA

PROJETO DE EXCELÊNCIA OPERACIONAL PARA
FORNECEDORES DE AÇO FUNDIDO EM UMA INDÚSTRIA
MECÂNICA.

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo como requisito de conclusão da
disciplina Monografia II do MBA de
Engenharia da Qualidade

Área de Concentração:
Engenharia da Qualidade

Orientador: Prof. Dr Adherbal Caminada
Netto

São Paulo
2012

RESUMO

A metodologia Seis Sigma é frequentemente estudada e aplicada em empresas em diversos campos de atuação. Este estudo propõe a aplicação do método DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve, Control*) em uma empresa da indústria mecânica, fabricante de válvulas de controle e alívio de pressão, quanto ao índice de qualidade dos seus fornecedores de aço fundido. O objetivo será, ao final do estudo, apresentar sugestões para que se reduza este índice de retrabalho causado por materiais fundidos bem como a manutenção destes índices. A redução de retrabalho, se alcançada, proporcionará uma redução de custos e consequentemente aumento da competitividade da empresa estudada. Serão levantados os pontos críticos do processo de fornecimento de aço fundido. Em uma análise preliminar, com a concentração em apenas um fornecedor, foi percebida uma redução do índice de retrabalho causado por problemas de fundição. A aplicação completa do método DMAIC, incrementando as ações de melhoria e verificação, poderá trazer reduções ainda maiores no índice de retrabalho e boas perspectivas de se atingir os índices de 5% de retrabalho máximo, definidos como meta para o ano de 2011.

Palavras-chave: Válvulas. Fundições. Índice de retrabalho.

ABSTRACT

The Six Sigma methodology is frequently studied and used in companies of different working areas. This study proposes the application of the DMAIC (Define, Measure, Analyse, Improve, Control) method in a company from the mechanic industry, which manufactures pressure safety valves and pressure relief valves, concerning its melted steel suppliers' quality level. The goal is to, by the end of the study, present suggestions towards the cutback of the rework levels caused by melted materials. The maintenance of these levels is also the goal of this study. The rework cutback, if reached, will provide a decrease in costs e consequently the increase of the studied company's competitiveness. The supplying process' critical points will be identified and, in a preliminary analysis, with the concentration of supplies in only one supplier, a decrease in the rework levels caused by melting problems was noticed. The complete usage of the DMAIC Method, improving the verifying actions, can bring even bigger cutbacks in the rework levels and good perspectives of reaching the 5% rework levels, defined as goals for the year of 2011.

Keywords: Valves. Foundries. Rework Levels.

SUMÁRIO

Capítulo 1 – Introdução.....	07
Capítulo 2 – O Sistema Seis Sigma.....	16
Capítulo 3 – O DMAIC na Empresa Estudada.....	20
Capítulo 4 – Considerações Finais.....	37
Bibliografia.....	38
Anexos.....	39

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como objetivo a elaboração e implantação de um projeto de excelência operacional baseado no método DMAIC, direcionado para os fornecedores de aço fundido da indústria mecânica. Para tanto, uma empresa da indústria mecânica que atende a segmentos industriais como o petroquímico, alimentício, químico, de saneamento e automobilístico foi escolhida para estudo e implantação deste projeto. Sua atuação na indústria consiste na fabricação e fornecimento de válvulas de controle e de alívio de pressão.

De modo preliminar nota-se que, para a fabricação de válvulas de controle e bloqueio, um dos principais insumos utilizados é o aço fundido, que representa parcela importante no valor do produto, uma vez que a carcaça dos equipamentos produzidos é toda de material fundido e que a empresa contava em 2010 com um número grande de fornecedores para conseguir atender à demanda de 21.398 peças fornecidas.

A manufatura da fabricante de válvulas estudada foi escolhida para a aplicação da metodologia. Os fabricantes de válvulas dependem diretamente de fornecedores de aço fundido tendo em vista que este material corresponde ao principal fator gerador de não conformidades na produção das válvulas.

1.1 Justificativa

Em processos industriais, as válvulas podem trabalhar com praticamente todos os fluídos existentes e em condições de temperatura e pressão extremas. Supondo que uma válvula trabalhe com um ácido corrosivo ou então a uma temperatura de 500°C, ou ainda com uma pressão de 5.000 libras/pol.² (200 vezes a pressão de um pneu de automóvel), sua falha pode ocasionar prejuízos como a parada de uma indústria ou até mesmo mortes.

Devido à importância de um bom desempenho das válvulas em uma planta industrial, além dos riscos de acidentes estarem ligados a esse bom desempenho, o controle da qualidade em válvulas se torna imprescindível. Além disso, a diminuição da variabilidade no processo aliada a uma redução de gastos contribuirá para a melhoria do processo fabril da empresa estudada.

1.2 Objetivos Gerais

Diminuição da variabilidade no processo de fornecimento de aço fundido para uma indústria mecânica.

1.3 Objetivos Específicos

Identificar causas de variabilidade, sugerir melhoria nos processos de fabricação e melhorar o índice de qualidade das peças de aço fundido fornecidas.

1.4 Metodologia

Por meio de pesquisa de campo, base de dados on-line, livros e artigos científicos. Para elaboração do projeto de excelência operacional na empresa, será utilizada a metodologia DMAIC, sigla representada pelas cinco fases a seguir (WERKEMA, 2010,p.12):

- *Define*: Nessa fase, identificam-se e confirmam-se as principais necessidades dos clientes, fornecedores e consumidores.
- *Measure*: A fase de medição tem como principal objetivo a verificação do desempenho atual do processo em estudo. Nesta etapa realizam-se medições de algumas variáveis relacionadas à qualidade do sistema de trabalho e que sirvam para acompanhar a evolução do projeto. É fundamental a definição de métricas válidas e que ajudem a monitorar a evolução do trabalho com relação às metas estabelecidas.

É também necessário realizar um levantamento de dados confiável. Coletas de dados errados ou de informações que distorçam a realidade podem comprometer todo o método DMAIC, já que não haverá conhecimento sobre qual problema atuar ou sobre qual atividade melhorar.

Para a identificação dos problemas prioritários, serão utilizados dados de análise das peças defeituosas, feita pela própria empresa estudada, e considerada confiável. Para cada problema serão estabelecidas metas que visam a sua solução.

- *Analyse*: Na fase de análise serão determinadas as causas de cada problema prioritário. Para isso, será feita a análise do processo gerador do problema, identificadas e priorizadas as causas potenciais e, por fim, quantificada sua importância.
- *Improve*: Na quarta fase do projeto, serão propostas e implantadas as soluções julgadas mais adequadas para os problemas identificados.
- *Control*: Na fase de controle será desenvolvida uma sistemática que possa garantir que o alcance das metas seja mantido no longo prazo.

1.5 Histórico da empresa estudada

Fundada em 20 de julho de 1965, a empresa estudada é o carro-chefe do grupo do qual faz parte. Inicialmente estava voltada para a fabricação de equipamentos e prestação de assistência técnica especializada em instalações para vapor e recuperação de condensado. Em 1967 iniciou a fabricação de válvulas de controle e em poucos anos passou a dominar o fornecimento de válvulas para o mercado açucareiro do estado de São Paulo. A partir de então expandiu suas atividades para outros setores da indústria como o petroquímico, de papel e celulose, alimentício, siderúrgico e outros.

A empresa é reconhecida pelo desenvolvimento próprio de seus projetos, embasados em tecnologia avançada e com atividades voltadas ao uso da informática. Trata-se, hoje, de uma das principais e mais importantes fabricantes de válvulas de controle do país.

Em 1974, a diretoria da empresa vislumbrou um importante segmento de mercado representado pelas válvulas de alívio de pressão que, salvo raras aplicações, eram até então importadas da Europa, Japão ou Estados Unidos. Iniciaram-se as negociações com o parceiro, uma empresa dos Estados Unidos com mais de 100 anos de atividade e com diversas fábricas instaladas em todo mundo.

O objetivo dessas negociações era a aquisição de tecnologia ou outro mecanismo para produzir no Brasil válvulas de alívio de pressão que tivessem a mesma

qualidade e confiabilidade das importadas. Em 1976 foram concluídas as negociações que culminaram com a formação do projeto que deu início a essa atividade da empresa no Brasil.

O primeiro grande desafio para os técnicos brasileiros foi incorporar a experiência e o alto nível de desenvolvimento tecnológico americanos ao processo fabril brasileiro, a fim de que as válvulas aqui produzidas fossem equiparadas às importadas no que se refere à qualidade. Com uma constante atualização e modernização da empresa, foi possibilitado o início da fabricação de válvulas. Assim, hoje a empresa é considerada líder do mercado nacional em todos os segmentos consumidores de válvulas de alívio de pressão.

1.5.1 Fornecedor

É uma empresa originária de uma parceria da empresa principal com um fabricante de aço fundido, criada para desenvolver uma linha de produtos na área de instrumentos pneumáticos, válvulas de controle, válvulas de alívio, válvulas de bloqueio, reguladores de pressão e outros. Atualmente os produtos da linha de fornecedores estão sendo comercializados e produzidos pela empresa fornecedora.

1.5.2 O uso das válvulas historicamente

Válvula é qualquer dispositivo com qual a vazão de um líquido, gás ou vapor pode ser regulado por meio de uma peça móvel que tanto abre como obstrui a sua passagem.

Acredita-se que as primeiras válvulas surgiram na China há 4.000 anos, quando eram utilizados bambus para conduzir água e foi desenvolvido um método para bloquear ou permitir seu escoamento. É fato comprovado que antes da era cristã, nos tempos do império romano, eram utilizadas válvulas de madeira em barricas de vinho, bastante semelhantes às torneirinhas em uso até hoje.

1.5.3 Família de válvulas de controle

A Família de válvulas de controle é constituída por diversos tipos de válvulas, como globo, borboleta, esfera e outros. Há uma grande diversidade de tipos, pois além dos vários tipos de válvulas e atuadores, podem ser utilizados os mais variados materiais, assim como os tamanhos, conforme as suas aplicações.

1.5.4 Família de válvulas de alívio

Válvula de alívio e segurança é uma válvula operada pela pressão do próprio fluido. É uma válvula instalada em tanques, vasos de pressão e caldeiras, calibrada para abrir quando a pressão atinge um valor pré-determinado, evitando a explosão do reservatório que está protegendo. A família das válvulas de alívio e segurança não é tão variada como a das válvulas de controle, porém a diversidade de materiais utilizados é consideravelmente grande.

1.6 O aço e suas definições

A primeira indústria do ferro apareceu ao sul do Cáucaso, 1700 A.C., entre os Hititas. O minério de ferro apresentava-se sob a forma de pequenas pedras à flor da terra. Os Hititas aqueciam a mistura, minério e carvão vegetal, dentro de um buraco feito no solo e dessa maneira obtinham uma massa pastosa que era, em seguida, batida para que se desprendesse a escória, (PFEIL, 2009, p.13).

O que restava de massa de ferro era depois forjado. O instrumento para produção de ferro se aperfeiçoou e evoluiu até se tornar um forno semi-enterrado no qual se colocava camadas de ferro e carvão vegetal, de acordo com os princípios aplicados pelos Hititas nos fornos primitivos. O ar insuflado por um fole manual ativava a combustão, (RITZMANN, 2011, p.03).

A temperatura atingia 1000 - 1200° C e assim se obtinha por redução, isto é, por eliminação do oxigênio do minério, uma massa pastosa de ferro pesando alguns quilos. Depois do Cáucaso, o ferro apareceu no Egito em torno de 1100 A.C. Posteriormente, foi encontrada em regiões às quais, hoje, damos o nome de Grécia (1100 A.C.), Áustria (920A. C.), Itália (600A. C.), Espanha, França e Suíça (500A. C.).

A combustão passou a ser ativada por foles movidos a energia hidráulica, assim como o acionamento dos martelos que serviam para bater a massa de metal impuro saída do forno. Começaram também os problemas ecológicos, pois para obter alguns quilos de ferro, tornava-se necessário abater muitas árvores para conseguir o carvão vegetal, (OLIVEIRA, 2010, p.10).

Dentro das minas, o trabalho era feito à luz de velas e o minério de ferro era retirado em cestas puxadas por cordas. No começo do século XIV, a altura dos fornos tinha aumentado e as condições de sopro se aperfeiçoado.

A temperatura de combustão aumentou o suficiente para que o ferro pudesse absorver quantidades crescentes de carbono. Com o aumento do teor de carbono o metal se fundia a uma temperatura mais baixa e assim obteve-se pela primeira vez um metal líquido na parte baixa do alto forno. Com os fornos transformados em altos-fornos, a produção de ferro aumenta e por volta de 1350 surge a fundição de objetos de uso doméstico, instrumentos agrícolas e muitos outros. Com a fundição, a indústria siderúrgica ganha novo impulso a partir da segunda metade do século XV, (QUEIROZ, 2001, p.23).

Começa-se a produzir ferro pelo "refino" do ferro-gusa. A crescente utilização de força motriz de água permite girar os cilindros dos laminadores e trefilar a fio. No início do século XVIII, o consumo de aço conhece um grande avanço. O inglês Abraham Darby começa a produzir o ferro-gusa a partir do coque em 1709. Na França, Réaumur realiza estudos teóricos sobre a redução do ferro-gusa em aço, enquanto Huntsman obtém pequenas quantidades de aço no cadinho em 1745.

Na metade do século XIX, em 1856, a descoberta do inglês Bessemer permite realizar uma produção realmente industrial de aço pelo refino do gusa em um convertedor através do sopro de uma corrente de ar que atravessava o banho de gusa convertendo-o por oxidação em aço líquido. A partir dessa época, pôde-se dispor, graças a estes processos, de grandes quantidades desta liga ferro-carbono, que se chamava aço, cujas propriedades permitiram a evolução tecnológica do século XX. A siderurgia moderna como conhecemos hoje, nasceu durante os anos 60.

Enormes usinas integradas com capacidade para produzir de 6 a 10 milhões de toneladas de aço foram criadas e os dispositivos de controle e automação aprimoram-se assim como os equipamentos.

Quase nada pode ser fabricado sem recorrer a máquinas e equipamentos que, na maioria, são fabricados de aço. Isto fornece uma boa idéia do importante papel do

aço em nosso cotidiano, papel este que não parou de crescer desde os tempos remotos.

Os aços são ligas ferro-carbono que podem conter concentrações apreciáveis de outros elementos de liga. Existem milhares de ligas que possuem composições e/ou tratamentos térmicos diferentes. As propriedades mecânicas são sensíveis ao teor de carbono, que é inferior a 1% ao teor de concentrações.

Alguns dos aços mais comuns são classificados de acordo com a concentração de carbono: aços com baixo, médio e alto teor de carbono. Também existem subclasses dentro de cada grupo, de acordo com as concentrações de outros elementos de liga, (OLIVEIRA, op.cit, WERKEMA, 2010, p.19).

1.6.1 O aço e sua perspectiva de mercado

O aço produzido atualmente utiliza como matéria prima o minério de ferro e também material reciclado. Carros, geladeiras, fogões, latas, barras e arames tornam-se sucatas, que alimentam os fornos das usinas, produzindo novamente aço com a mesma qualidade.

Além disso, as empresas siderúrgicas participam de acordos internacionais para preservar o meio ambiente. Na década de 90, a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima instituiu a redução de emissão de gases de efeito estufa, estabelecendo que os países deveriam apresentar projetos na modalidade Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Durante a Convenção de Estocolmo, em 2004, os países se comprometeram a fazer um plano nacional de controle de Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) (CHIAVERINI, 2002).

As previsões são de crescimento da produção das principais economias desenvolvidas e a manutenção do ritmo de expansão dos países da Ásia, em especial China e Índia. Há algumas incertezas relacionadas a questões como o aumento dos juros nos EUA e Europa, preço do petróleo, terrorismo e crise no Oriente Médio, quadro político na América Latina, mas não parece provável que afetem de forma significativa o crescimento do mercado e do comércio mundial de aço, (OLIVEIRA, 2010, p.23).

Persiste no setor siderúrgico, porém, a preocupação com um possível desequilíbrio no balanço oferta versus demanda devido a um excesso mundial de capacidade de produção, principalmente na China, (OLIVEIRA, 2010, p.24).

No início da década de 90, o parque siderúrgico nacional estava contando com 43 empresas estatais e privadas, cinco delas integradas a coque, nove a carvão vegetal, duas integradas à redução direta e 27 semi-integradas, além de produtores independentes de ferro-gusa e carvão vegetal, que somavam cerca de 120 altos-fornos.

A instalação dessas unidades produtoras se concentrou principalmente no Estado de Minas Gerais e no eixo Rio / São Paulo, devido à proximidade de regiões ricas em matérias-primas empregadas na fabricação do aço, ou de locais com grande potencial de consumo.

Hoje, o parque produtor de aço brasileiro é constituído por 25 usinas, sendo 11 integradas (produção a partir de minério de ferro) e 14 semi-integradas (produção a partir da reciclagem de sucata), administradas por onze grupos empresariais. Era visível o esgotamento do modelo, no início da década de 90, com forte presença do Estado na economia. Em 1991, começou o processo de privatização das siderúrgicas no Brasil.

Dois anos depois, oito empresas estatais, com capacidade para produzir 19,5 milhões de toneladas (70% da produção nacional), tinham sido privatizadas. Entre 1994 e 2004, as siderúrgicas investiram US\$ 15 bilhões, dando prioridade para modernização e atualização tecnológica das usinas.

Em 1999, a produção brasileira de aço foi de 27 milhões de toneladas no ano. Em 2010, foi de 31,6 milhões de toneladas. Hoje, o setor é formado pela Acesita, Aços Villares, Companhia Belgo Mineira, Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), Companhia Siderúrgica de Tubarão (CST) - Arcelor Brasil, Grupo Gerdau, Siderúrgica Barra Mansa, Usiminas / Cosipa, V&M do Brasil e Villares Metals. São 25 usinas comandadas por 11 empresas. Entre pessoal efetivo e terceirizado, elas empregaram, em 2005, 98.756 pessoas.

A previsão de investimentos no setor de 2005 a 2010 é de US\$ 15 bilhões, com projeção de alcançar a capacidade instalada de 54 milhões de toneladas no final desses cinco anos. Esse novo ciclo de investimentos está voltado para o aumento da capacidade de produção, a fim de atender ao crescimento da demanda interna que deve ser de mais de um milhão de toneladas por ano no período de 2005 e 2010.

Grupos produtores do exterior estudam a possibilidade de investir na construção de novas usinas no Brasil, sobretudo no Norte e no Nordeste, voltadas para a exportação de produtos semi-acabados. Todo esse investimento é guiado por processos de gestão que primam pela responsabilidade social. Em 2004, 74% da produção de aço brasileira foi obtida pela via integrada a partir do minério de ferro e 26% pela via semi-integrada por meio da reciclagem de 8 milhões de toneladas de sucata. Intensiva no uso de carvão para gerar energia, a siderurgia brasileira consumiu 25% da energia elétrica necessária para suas atividades em 2004.

2 O SISTEMA SEIS SIGMA

O pensamento estatístico compreende a teoria e a metodologia, que auxiliam a identificar onde implantar a melhoria garantida à eficácia em todas as etapas do processo. Segundo (ROTONDARO, 2002, p.07), o uso do pensamento estatístico e dos métodos passou a sinalizar uma oportunidade de ganho financeiro advindos da melhoria do desempenho organizacional.

Os primeiros trabalhos que aplicaram o pensamento estatístico datam do início do século XIX, mas foi apenas em torno de 1900 que esse método começou a influenciar o pensamento moderno. O fator principal era a variação dos estudos da estatística matemática moderna (SANTOS, 2004 op.cit. PORTER, 1986, p.32).

2.1 Caracterização do Seis Sigma

Segundo (SCHROEDER, 2008, p.22), o Seis Sigma é uma estrutura organizada para reduzir a variação dos processos que utiliza o método para uma melhoria continuada. Com a medida sigma dos processos, as medidas de melhoria ampliam dez vezes a qualidade (BREYFOGLE, 2003, p.04). Mais ainda, o Seis Sigma integra o desempenho em nível do negócio, as medidas dos processos e as métricas dos projetos num processo de revisão sistemática, de tal forma que a gestão da organização é feita de forma quantitativa, tendo em vista a transferência da estratégia do negócio para tarefas táticas.

Um processo de fabricação com uma saída normalmente distribuída tem de ter uma distância de seis desvios padrão entre o valor do processo e o limite que corresponde a uma capacidade do processo.

A capacidade de um processo tem sido definida historicamente com uma média de três desvios padrão (sigmas). Quando a empresa submete o material do fornecedor à metodologia Seis Sigma, este tem se tornado mais humilde acerca das suas competências durante a implantação e execução do processo, levando em consideração que os três sigmas cobrem 99,73% da área sob a curva da distribuição normal. Os limites específicos dos projetos definidos pelo consumidor, a três sigma da média do processo, implicam um nível de defeitos de 2700 partes por milhão (TREVILLE, 2004, p.02).

A escolha do método correto para avaliar a qualidade de um processo é crucial para implantar melhorias no mesmo. As métricas mais comuns são a conclusão de tarefas, a contagem de erros e os índices de satisfação. Para tornar-se mais eficaz para as partes interessadas e para fornecer uma interpretação mais fácil do desempenho do processo é necessário estabelecer três passos:

- Identificar um limite para as condições que não atinjam os objetivos especificados;
- Estabelecer como os defeitos serão convertidos em um formato padronizado que permita a definição da solução pelas partes interessadas;
- Permitir que os analistas identifiquem em que medida a métrica utilizada se encontra dentro do valor-alvo estabelecido pelos consumidores (TREVILLE 2006, CARVALHO, op.cit.2008, p.23).

O número de sigmas descreve a forma como um processo, que atinge as suas metas em termos de unidades de desvio padrão normalizadas, pode também ser expresso como taxa de defeitos ou nível de qualidade de uma medida (TREVILLE 2006, SAURO, 2005, p.04). Se, por exemplo, um processo tem um nível de qualidade correspondente a um desvio padrão acima do limite de especificação, diz-se que é um processo com o nível de qualidade de 85%, ou 15% de defeitos. Todas estas designações são equivalentes.

Segundo (TREVILLE 2006, HARE et. al.1995, p.30), pode-se dizer que os autores citados acima se referem ao foco em processos, o entendimento de variação e o uso de informações para subsidiar ações como componentes-chave que deveriam ser desenvolvidas e usadas nas atividades diárias de gerenciamento. Os autores ressaltam, ainda, que a tomada de decisão, com reflexo das ações gerenciais baseadas em informações, é um princípio básico para enriquecer o gerenciamento de processos e para melhorá-los. No Seis Sigma, essa postura gerencial é fortemente enfatizada. Para exemplificar, a lista de itens que segue traz algumas ações que podem ser mais bem definidas com a aplicação do pensamento estatístico:

- Definir estratégias para a melhoria do desempenho organizacional;

- Manter constância de propósito;
- Aprimorar o planejamento;
- Reduzir o número de fornecedores;
- Quebrar barreiras interfuncionais;
- Monitorar as flutuações de mercado;
- Estimular o trabalho em equipe;
- Tomar de decisões baseadas em fatos e dados;
- Aumentar a robustez no gerenciamento;
- Avaliar tendências competitivas;
- Incentivar as pessoas a pensarem na eficiência das atividades;
- Melhorar os processos de distribuição;
- Reduzir a variabilidade da fabricação.

Os itens acima apontam, em conjunto, ações que afetam processos estratégicos, gerenciais e operacionais. A qualidade é produto de uma cultura organizacional, que orienta a melhora do produto dia a dia, e da preocupação em produzir mercadorias com uma qualidade mais elevada em seu desempenho. Se os empregados acreditam que o programa é passageiro, eles o tratarão como tal.

Depois de instalado, é possível que um programa de qualidade do produto traga certa melhoria à empresa. Mas certamente essa melhoria não irá além daquele ponto se as ações estabelecidas não forem patrocinadas pela alta direção e, conseqüentemente, não forem adotadas pela organização como um todo. Programas improvisados são, na melhor das hipóteses, transitórios.

A melhoria do processo depende da estratégia de desenvolver soluções para eliminar as causas-raiz dos problemas de desempenho de uma empresa sem, no entanto, interferir na estrutura básica do processo. Na estratégia de projeto do processo, o objetivo é substituir uma parte ou todo o processo por um novo. Já na estratégia de gerenciamento do processo, as exigências do cliente são claras e regularmente atualizadas, os processos são documentados e gerenciados com medições em todas as suas etapas. Nesta última estratégia, os gestores também usam as medições e o conhecimento do processo para avaliar os seus desempenhos.

2.2 Aplicação de ferramentas da qualidade ao método DMAIC

O fornecimento de aço fundido para a indústria em estudo corresponde ao principal fator gerador de não conformidades. Dentre os diversos materiais empregados na manufatura, os aços fundidos representam um alto valor no produto, uma vez que toda a carcaça dos equipamentos é feita desse material.

Além disso, os tempos de fabricação são diretamente influenciados pelos materiais fundidos, já que um equipamento leva em média 110 dias de para ser fabricado e o fornecimento de aço fundido pode levar até 60 dias. No período analisado, o ano de 2010, os custos com as não conformidades em materiais fundidos somaram R\$ 201.607,69, representando um percentual de defeitos de 16,30% - 3.488 peças de um total de 21.398 peças fornecidas.

Hoje, o percentual adotado como meta é de 12%. No entanto, ao final deste estudo espera-se que o percentual de defeitos produzidos em um período de 1 ano seja inferior a 5%.

O Monitoramento de um processo é feito a partir da medição de uma característica de qualidade, por meio de algum sistema de medição. Segundo (SOUZA 2004, p.12), para o sistema de medição existem duas definições:

- **Medição Ideal:** os resultados das medições são iguais ao valor da grandeza medida.
- **Medição Real:** produz resultados com erros e certo grau de incerteza, ou seja, há uma dispersão de valores em torno do valor ideal.

3 O DMAIC NA EMPRESA ESTUDADA

Para elaboração do projeto de excelência operacional na empresa estudada, foi utilizada a metodologia DMAIC, com as 5 fases a seguir (WERKEMA, 2010, p.12):

Define: Nessa fase, confirmam e identificam-se as principais necessidades dos clientes e consumidores. Do total fornecido, foi identificado que 3.488 peças possuíam defeitos, o que representou um percentual de 16,30% de peças defeituosas, número acima da meta de 12% da empresa estudada. Esse percentual acarretou em um custo com não conformidades em materiais fundidos de R\$ 201.607,69.

Hoje, o percentual adotado como meta continua sendo os 12%. No entanto, espera-se que, ao final do projeto de excelência operacional na empresa, o percentual de defeitos produzidos em um período de um ano seja inferior a 5%.

Measure: A fase de medição tem como principal objetivo a verificação do desempenho atual do processo em estudo. Nesta etapa realizam-se análises de algumas variáveis relacionadas à qualidade do sistema de trabalho e que sirvam para acompanhar a evolução do estudo. É fundamental a definição de métricas válidas e que ajudem a monitorar a evolução deste estudo com relação às metas estabelecidas.

É também necessário realizar um levantamento de dados confiável. Coletas de dados errados ou de informações que distorçam a realidade podem comprometer todo o método DMAIC, já que não haverá conhecimento sobre em qual problema atuar ou sobre qual atividade melhorar.

Para a identificação dos problemas prioritários, serão utilizados dados de análise das peças defeituosas feitos pela própria empresa estudada, considerados confiáveis. Para cada problema serão estabelecidas metas que visam sua solução.

Analyse: Na fase de análise serão determinadas as causas de cada problema prioritário. Para isso, será feita a análise do processo gerador do problema, identificadas e priorizadas as causas potenciais e, por fim, quantificada sua importância.

Improve: Nessa fase do projeto, serão propostas e implantadas as melhores soluções para os problemas identificados.

Control: Na fase de controle será desenvolvida uma sistemática que possa garantir que o alcance das metas seja mantido a longo prazo.

3.1 Define

Em 2010, a empresa estudada contava com 10 fornecedores de aço, sendo cinco fornecedores de aço fundido e cinco fornecedores de aço micro-fundido, com fornecimento total de 21.398 peças.

Do total fornecido, foi identificado que 3.488 peças possuíam defeitos, o que representou um percentual de 16,30% de peças defeituosas, percentual esse acima da meta da empresa que era de até 12%, acarretando um custo com não conformidades em materiais fundidos de R\$ 201.607,69.

Hoje, o percentual adotado como meta continua em 12%, no entanto, espera-se que ao final deste estudo de excelência operacional na empresa estudada, esse número seja inferior a 5%.

3.2 Measure

A fase de medição tem como principal objetivo a verificação do desempenho atual do processo em estudo. Nesta etapa realizaremos análises de algumas variáveis relacionadas à qualidade do sistema de trabalho e que sirvam para acompanhamento da evolução do estudo.

É fundamental a definição de métricas válidas e que ajudem a monitorar a evolução do trabalho com relação às metas estabelecidas. É também necessário realizar um levantamento de dados confiável. Uma coleta de dados errada ou de informações que distorçam a realidade pode comprometer todo o método DMAIC, já que não haverá conhecimento sobre qual problema atuar ou sobre qual atividade melhorar. Para isso devem-se possuir alguns pontos muito bem definidos:

- **Métrica:** Se faz necessário selecionar variáveis que demonstrem clara e objetivamente o desempenho do processo. Podem ser qualitativas ou quantitativas.
- **Amostra:** É importante que se obtenha uma quantidade de dados que representem significativamente o que está sendo estudado e que auxiliem o acompanhamento do trabalho.
- **Sistema de medição:** Deve-se possuir um sistema de medição que permita a identificação das variáveis necessárias para o estudo. Esse sistema deve trazer dados confiáveis e de fácil acesso. Caso haja desconfiança na qualidade do levantamento, pode-se realizar algumas avaliações sobre o sistema de medição (por exemplo, estudos de repetibilidade e reprodutibilidade).

3.2.1 Desempenho do Processo de Medição:

No processo estudado, 100% das peças fornecidas são testadas. São usados dois métodos como teste:

- **Ensaio Visual pós-usinagem:** na identificação visual de alguma não conformidade após o processo de usinagem.



Figura 1 - Ensaio Visual pós-usinagem: Identificação de porosidade

- **Ensaio por Líquido Penetrante:** Em 100% das regiões de vedação, as peças usinadas são aspergidas por uma solução líquida e posteriormente expostas a uma solução sólida (pó). Ocorre uma reação química sinalizada por uma circunferência vermelha quando encontrado ponto de porosidade.



Figura 2 - Ensaio por Líquido Penetrante: Identificação de porosidade

3.2.2 Análise para localização do problema:

Diante de 100% das peças testadas, foram usados os dados do ano de 2010 para identificação do maior ofensor quanto às não conformidades encontradas no fornecimento de aço fundido. Utilizamos o Gráfico de Pareto para manuseio dos dados colhidos do ano de 2010 e direcionamento ao foco do problema pesquisado.

Primariamente, realizamos um Gráfico de Pareto para identificação das falhas dos fornecedores do processo. No gráfico 1, nota-se que mais que 50% das falhas identificadas no ano de 2010 referem-se falha no processo de fundição.

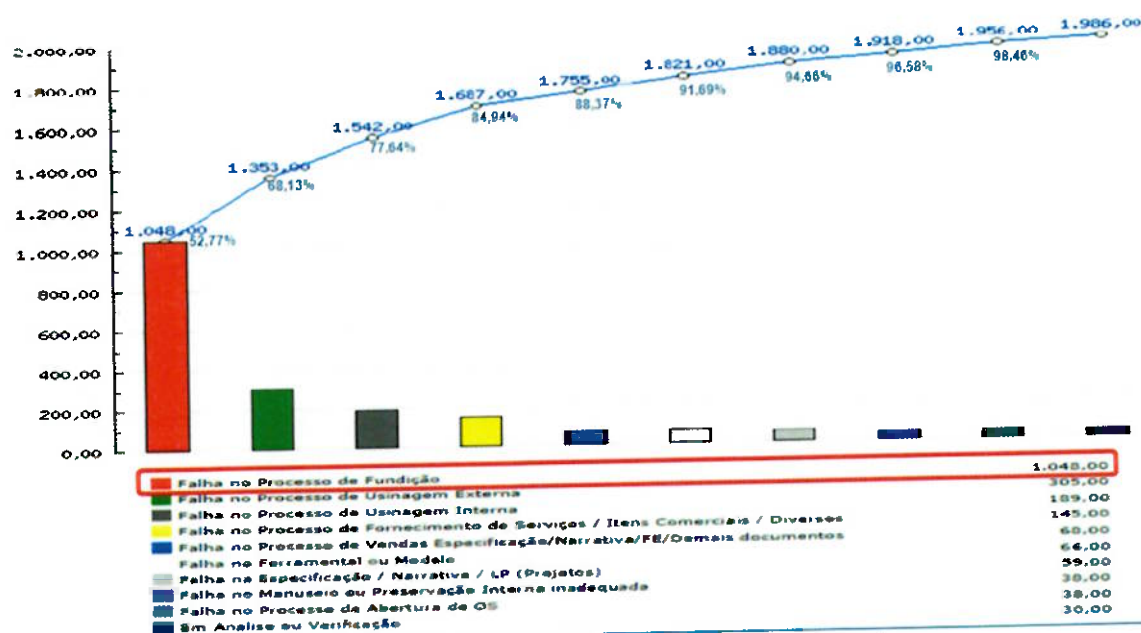


Gráfico 1 – Identificação dos causadores de não conformidade

Consequentemente, utiliza-se esta amostra de falhas no processo de fundição para uma nova análise: qual o defeito no processo de fundição? Identificamos, conforme análise do gráfico 2, que 53% das falhas no processo de fundição referem-se ao defeito porosidade.

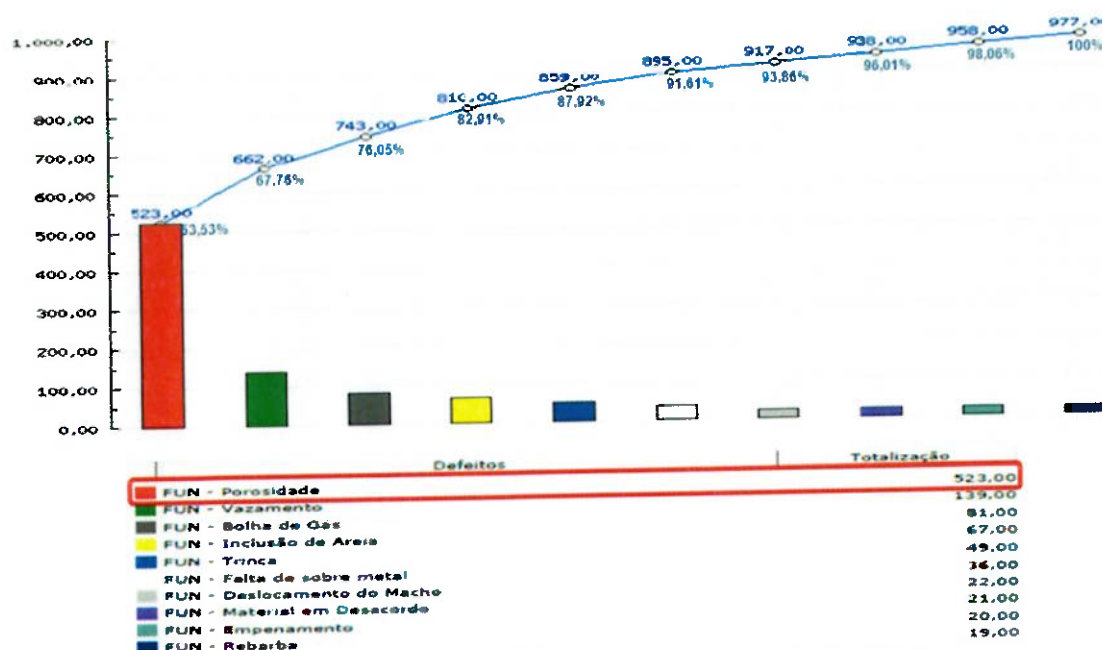


Gráfico 2 - Identificação dos defeitos no processo de fundição

Sabendo-se que a maior não conformidade está no defeito da porosidade no processo de fundição, realizamos uma análise por meio do gráfico 3 para identificação dos fornecedores causadores do defeito porosidade. Identificou-se cinco fornecedores responsáveis por mais de 75% das peças com problema de porosidade, conforme gráfico a seguir. Percebe-se na análise que esses fornecedores participam de forma equilibrada na quantidade de peças fornecidas.

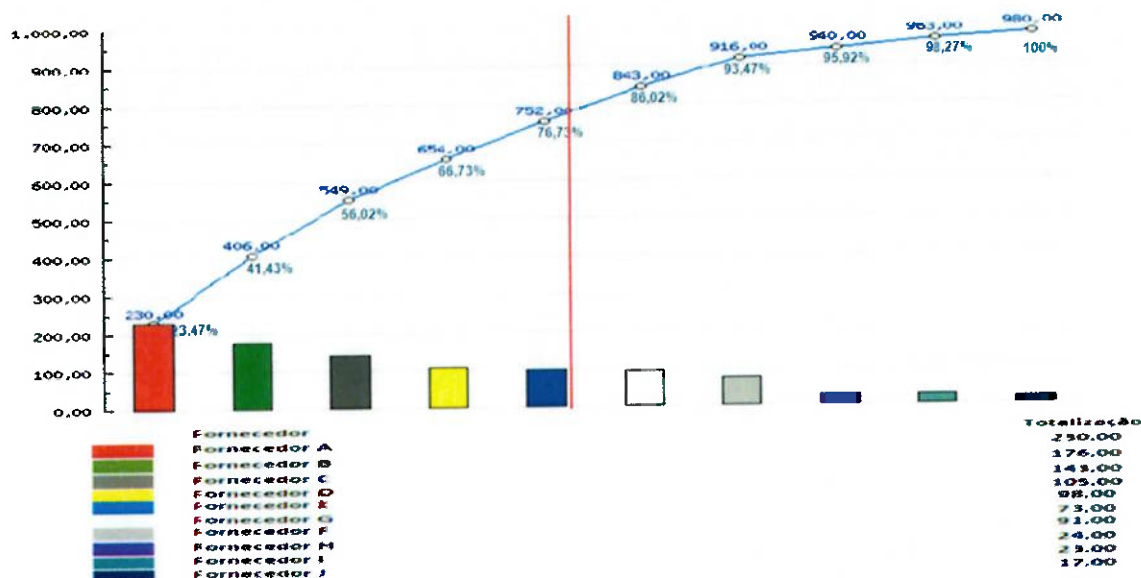


Gráfico 3 – Distribuição dos defeitos por fornecedor

3.2.3 Definição da meta/objetivo do problema identificado:

Após a localização do foco do problema, peças com o defeito da porosidade, é estabelecida como meta a redução para 5%, de não conformidade no processo de fornecimento de aço fundido. Com esta redução, é obtida uma economia de R\$ 140.000,00 no custo com não conformidades.

3.3 Analyse

A etapa de análise serve como referência para o processo de melhoria (ou “improve”) uma vez que a principal saída desta fase é a proposição de ações a serem executadas para atingir o nível de melhoria esperado.

3.3.1 Levantamento de causas, identificação e priorização de ações

Nesta fase, é feita a identificação da árvore funcional de uma fundição e são identificadas as principais causas de defeitos. Também é realizada uma análise de causa e efeito dos defeitos elencados, uma identificação dos pontos causadores de defeitos dentro da árvore funcional e, finalmente, será definida a matriz de priorização que servirá de referência para a etapa Improve.

O início do processo de análise exige uma identificação, por meio de uma árvore funcional, dos pontos potencialmente causadores de defeitos. Dentro do processo

de fundição, a distribuição de atividades e responsabilidades nos fornece uma visão esquemática desses pontos. A figura 3 representa a árvore funcional de um fabricante de fundidos, fornecedor da empresa estudada.

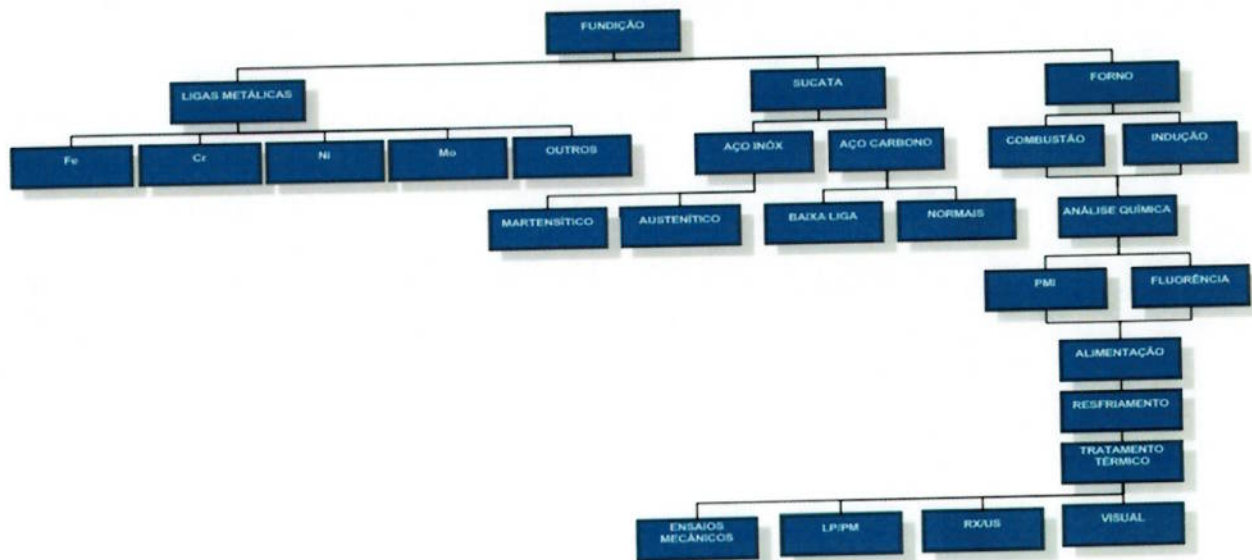


Figura 3 – Árvore funcional do fornecedor de aço fundido da empresa estudada

Uma vez avaliados os pontos potencialmente causadores de porosidades, foi realizado um brainstorming para identificar as causas dos defeitos. O objetivo é elencar todas as possíveis causas para posterior priorização. Para o presente estudo, o levantamento de causas se baseou em contato com o fornecedor da empresa estudada e a análise das ações corretivas propostas por ele. Dentro desta lista foram identificadas as seguintes causas:

- Aprisionamento de gases;
- Excesso de rebarbação;
- Resina e catalisadores não adequados ao processo;
- Umidade no sistema de homogeneização da areia;
- Oxidação;
- Característica proveniente de excesso de cola do alívio do macho;
- Possível problema no sistema de alimentação;
- Falta de alimentação na peça;
- Inclusão de areia;
- Descontinuidade inerente ao processo de fundição;
- Disposição de vazamento não adequada à geometria da peça;

- Falha na inspeção US/RX;
- Falha na Interpretação nos laudos de US/RX;
- Defeito/deterioração de modelos;

A partir desta análise, um desdobramento de causas e efeito foi sintetizado em um gráfico de Ishikawa. O gráfico 4 apresenta a identificação dos defeitos e causas.



Gráfico 4 – Causa e efeito de falhas na fundição (Ishikawa)

Em seguida à análise de causa e efeito, identifica-se os principais pontos causadores de porosidades dentro da árvore funcional. Sucata, fornos, alimentação e inspeção representam esses pontos. A identificação destes pontos, dentro da árvore funcional, está representada na figura 4:

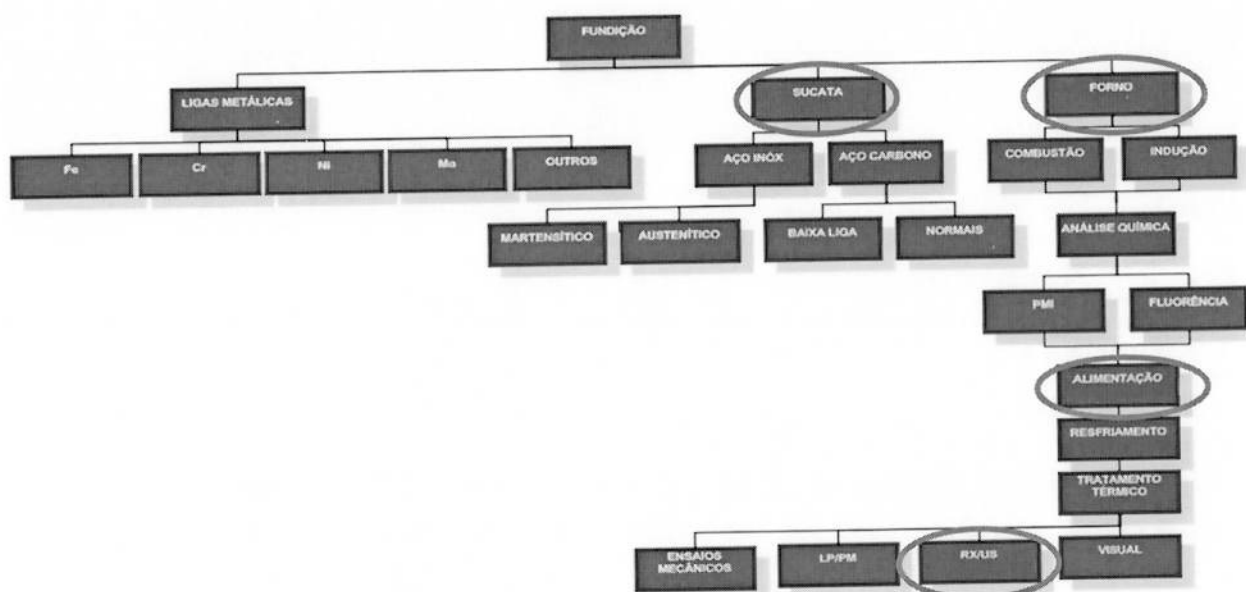


Figura 4 – Árvore funcional com identificação de áreas críticas

Definidos os pontos principais causadores de defeitos, agora é quantificada a importância das causas potenciais prioritárias. A matriz de priorização está representada na tabela 1.

MATRIZ DE PRIORIZAÇÃO								
	Método	Mao-de-Obra	Máquina	Material	Medição	Meio Ambiente	Fator	Priorização
Método		10	10	5	10	5	40	5,0
Mao-de-Obra	0,1		1	0,2	1	0,2	2,5	0,3
Máquina	0,1	1		0,2	1	0,2	2,5	0,3
Material	0,2	5	5		5	1	16,2	2,0
Medição	0,1	1	1	0,2		0,2	2,5	0,3
Meio Ambiente	0,2	5	5	1	5		16,2	2,0
	0,7	22	22	6,6	22	6,6	79,9	10

Tabela 1 – Matriz de priorização de ações corretivas

A principal informação gerada na fase da análise, referência para a etapa *Improve*, é que, para ser obtido um maior benefício com mínimo esforço, são priorizadas as ações no método, material e meio ambiente.

3.4 Improve

Tem como objetivo propor, avaliar e implantar soluções para cada problema prioritário.

3.4.1 Avaliando soluções

Conforme observado no gráfico 1, durante a fase *Measure*, para reduzir a porcentagem de problemas a ação inicial foi qualificar os fornecedores mantendo apenas o de melhor desempenho no processo de fundição, trabalhando em parceria.

Após a ação tomada de criar parceria com apenas um fornecedor, estimou-se uma redução de 16,3% para 7,99%, conforme dados de janeiro a março de 2011. Entretanto, essa ação exclusivamente não atinge o resultado necessário para a conclusão do trabalho, que tem por objetivo a meta pré-estabelecida na etapa *Measure* de 5,0%. Assim sendo, será dada continuidade do estudo nas fases subsequentes.

3.4.2 Propondo novas soluções

Com a espinha de peixe montada e utilizando a matriz de priorização, focou-se as ações na fabricação do aço fundido, como se pode observar na tabela 2.

Tabela 2 – Plano de ação

O que?	Por que Fazer?	Quem?	Quando?	Onde Fazer?	Como Fazer?	Quanto Custa?
Redução do nº de fornecedores	Concentração de 56% dos problemas de porosidade em 4 fornecedores	Empresa estudada	Mar/11	Em todo o processo de fornecimento de Aço fundido	Concentrando acompanhamento em um número reduzido e fornecedores	Sem custo
Adequação de modelos	Incidência de porosidade causada por deterioração/ inadequação dos modelos disponíveis.	Empresa estudada	2º sem./11	Empresa fornecedora de moldes de madeira	Adequação das ferramentas a partir das observações da engenharia de produtos	R\$ 20.000,00 (estimado)
Adequação dos métodos e processos de inspeção	Diminuir incidência de liberação de peças defeituosas.	Fornecedor	Imediato	Fornecedor	Adequação dos procedimentos de inspeção e treinamento dos inspetores envolvidos no processo.	Custo a ser definido pelo fornecedor.
Avaliação dos métodos de alimentação do líquido	Reduzir a incidência de defeitos causados por falha na alimentação do líquido	Fornecedor	Imediato	Engenharia de processos do fornecedor	Análise e Desenvolvimento de processos baseados nos desenhos fabricados	Custo a ser definido pelo fornecedor.
Controle do Ambiente do forno	Incidência de porosidade causada por presença de oxigênio encapsulado	Fornecedor	2º sem./11	Fornecedor	Desenvolvendo em parceria com o controle de processo que garanta a manutenção do ambiente.	Custo a ser definido pelo fornecedor.
Avaliação e adequação dos fornecedores de sucata	Reduzir a incidência de defeitos causados por má identificação das sucatas fornecidas	Fornecedor	Imediato	Fornecedor	Introdução de método de análise de ligas por PMI	R\$ 1.000,00 por inspeção.

Foram tomadas três ações de método, sendo uma em execução, uma ação de meio ambiente em avaliação de custo pelo fornecedor e uma ação de material.

3.5 Control

A etapa *Control* visa garantir que o alcance da meta seja mantido a longo prazo. É introduzida uma Sistemática de Avaliação de Resultados, tendo como base os resultados iniciais verificadas na etapa *Measure*, com o objetivo de atingir uma melhoria montinuada do processo de fornecimento de aço fundido. O foco dessas

melhorias se concentra no relacionamento com os fornecedores mais importantes, desenvolvimento dos processos, estreitamento do relacionamento, parcerias em desenvolvimento de processo, desenvolvimento de novos produtos, redução de custos (fornecedor e empresa estudada), integração das estruturas da empresa estudada.

3.5.1 Indicadores

- Eficiência de entrega, atendimento dos pedidos em dia.

Objetivo de 95% em dia pelo volume de fornecimento por quantidade por liga comprada;

- % de Peças Rejeitadas.

Quantidade de peças rejeitadas no processo e no recebimento; objetivo: menor ou igual a 5%.

3.5.2 Volumes comprados

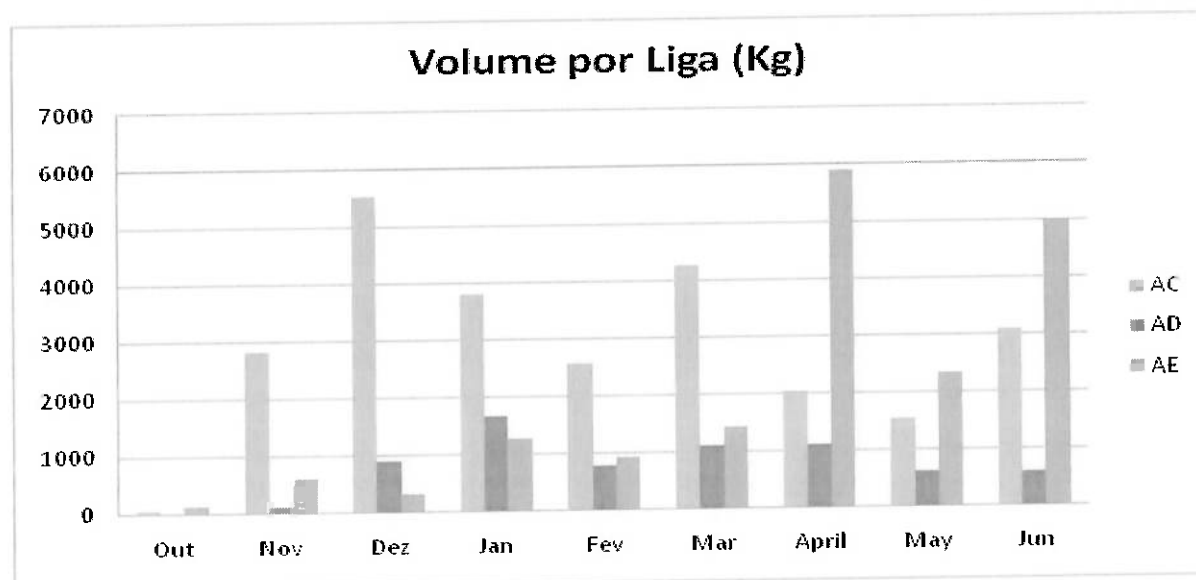


Gráfico 5 – Volume de peças fornecidas em peso

AC – Aço Carbono, AD Aço Inoxidável e AE Ligas Metálicas Especiais

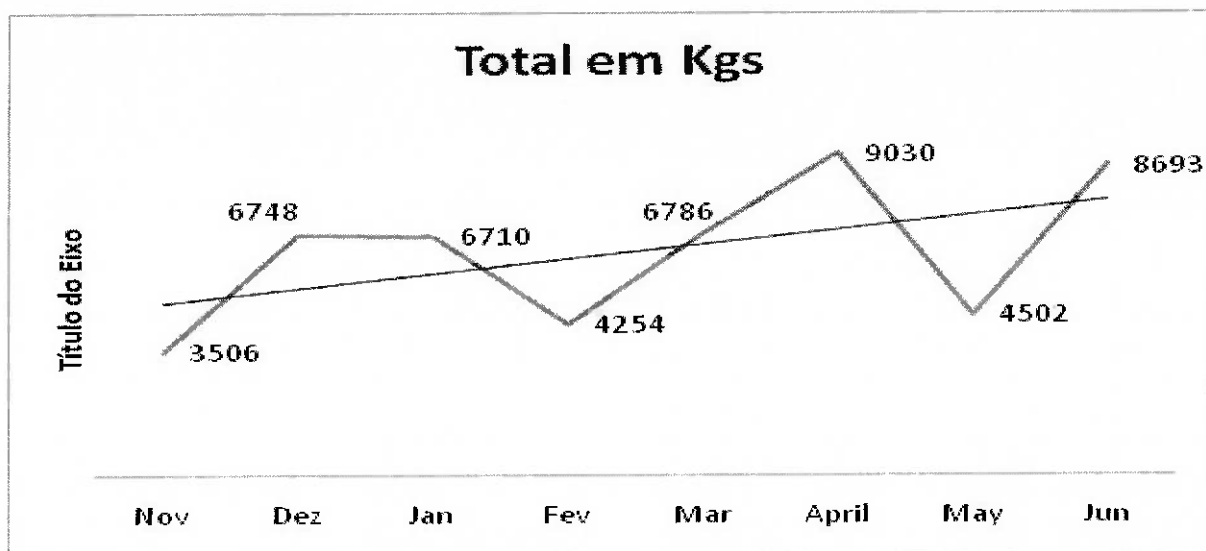


Gráfico 6 – Volume total fornecido

Na análise dos gráficos 5 e 6, é possível notar que o volume por liga e a média total tem aumentado significativamente, alcançando 7.408 Kg. Nos últimos 3 meses obtem-se os índices de AC (Aço Carbono) igual a 2.219 Kg, AD (Aço Inoxidável) igual a 770 Kg e AE (Ligas especiais) igual a 4.419 Kg .

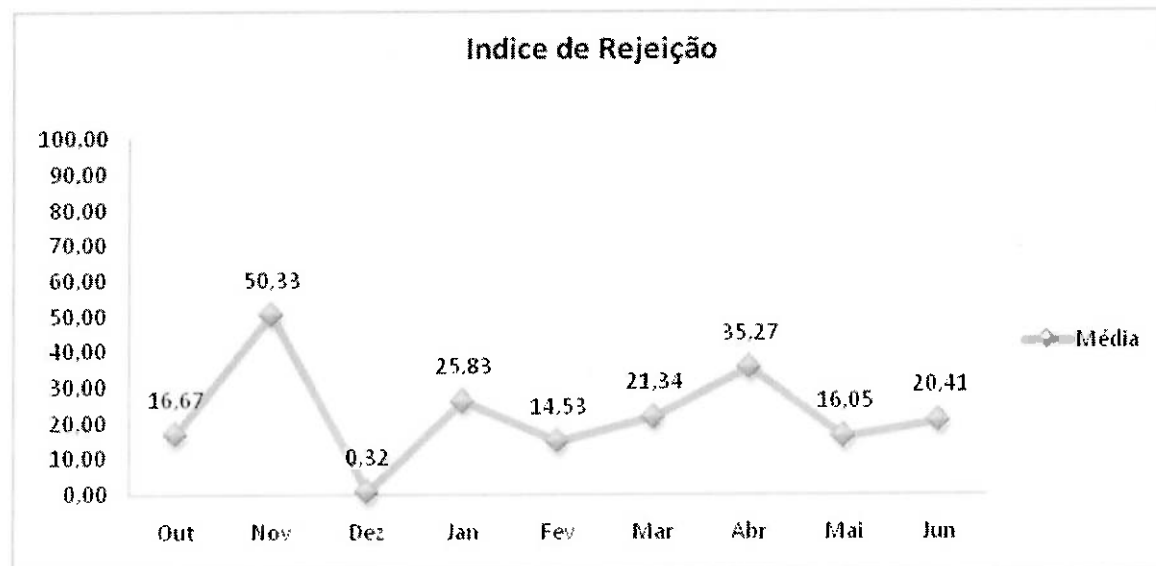


Gráfico 7 – Índice de rejeição

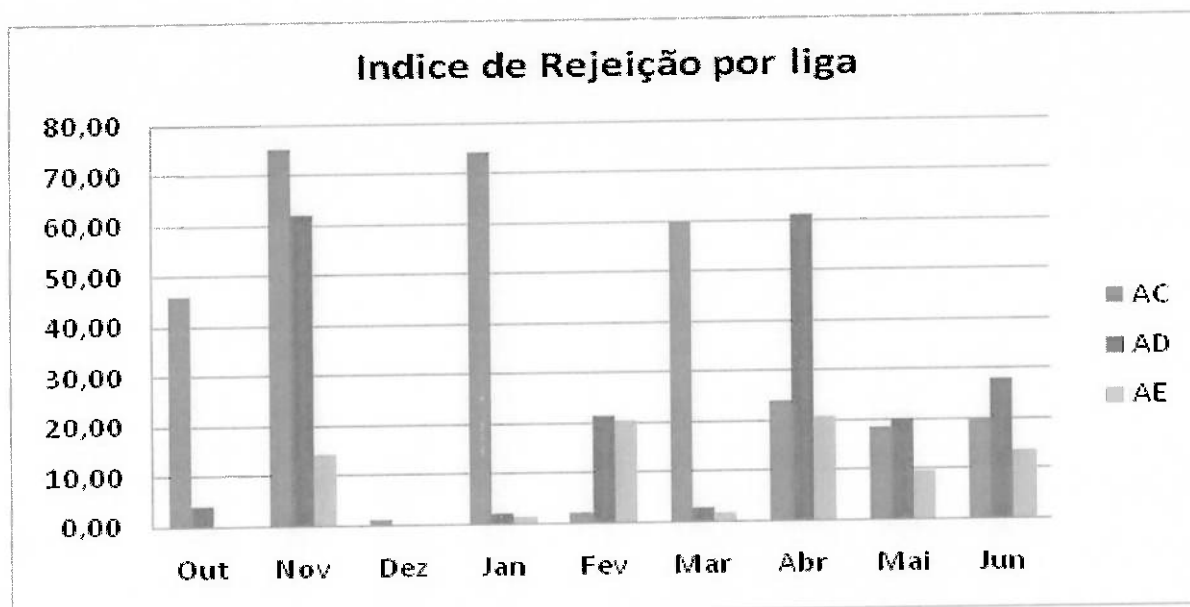


Gráfico 8 – Índice de rejeição por liga

Analisando os gráficos 7 e 8, pode-se dizer que atualmente a empresa apresenta uma média de 22,2% de rejeição nos últimos 6 meses, índice concentrado nas peças de AC. Nesse caso, deve-se analisar em conjunto e identificar as causas-raízes para a melhoria do indicador.

3.5.3 Eficiência de entrega

Verifica-se que a eficiência de entrega do fornecedor em 2011 está em 95.4%, o que representa uma ótima performance. Entretanto, é possível identificar que a pior performance está no índice de qualidade. Neste caso, é preciso analisar em conjunto e identificar as causas-raízes para a melhoria do indicador. No cenário da empresa estudada para os próximos 12 meses está previsto o aumento de volume em 1,0 ton/mês da TVC Tyco Valves & Controls Sorocaba para CF8M, aumento de volume em 5,0 ton para matriz em Stafford-EUA, referente ao aumento de volume da empresa estudada para atender entressafrá.

3.5.4 Cobrança de retrabalho.

Proposta conforme porcentagem de rejeição:

- 15% - próximos 3 meses (cobrança integral do retrabalho, denota descontrole do processo do fornecedor. Fabricante arca com os prejuízos de trabalho sem ter responsabilidade sobre isso);

- 10% - próximos 6 meses (cobrança 50% do retrabalho, indica melhoria no controle e redução de gastos da empresa estudada);
- 5% - próximos 12 meses (custo de retrabalho será 100% absorvido, processo do fornecedor sob controle com números próximos à realidade mundial da empresa estudada);
- Extensão do prazo de pagamento de 35 para 60 dias conforme política da internacional da empresa estudada;
- Trabalho conjunto com as RNCs encontradas;
- Trabalho em conjunto com a engenharia da empresa estudada para melhoria dos processos atuais (burocráticos) entre as empresas como pedido de compras, follow up, RNCs, contatos, etc.
- Estabelecer para os próximos 6 meses que 60% do volume de compra da empresa estudada será com o fornecedor desenvolvido neste estudo;
- Redução de custo para as ligas AC, AD e AE.

3.5.5 Indicadores atuais

Os dados de IQF apurados no mês de novembro indicam, na média das tres ligas estudadas, um índice de retrabalho de 5, 003%, estando portanto 0,003 % acima do definido como meta, conforme Figura 5.

H0315.tmp

RESULTADO MENSAL AMBILINOX

BETER IND.COM.COMPR./TERMO HIDRAUL.UTRA.

Período: 01/11/11 a 30/11/11

Folha: 1
13/12/2011

Local da Inspeção: R008B.MENIC / FADPICA

CL ITEM	EN ET.INSPEÇÃO	Q.F.INSPEC	Q.F.AJESTE	REF.BIRO	RNC	MOTIVO
FORNECEDOR : 0726 AMBILINOX						
AC F14870101012	PC 09/11/2011	3,0000	2,0000	101058	6605 RUM	Veracidade
AC M031XG005012	PC 29/11/2011	1,0000	1,0000	101137	6724 RUM	Veracidade de Arma
AC M15518012	PC 29/11/2011	3,0000	3,0000	101137	6728 RUM	Veracidade
Tot. DA CLASSIF. -> AC						
Quant. Receb. no Período =		126,0000	6,0000	4,76 % PC		
AD M062R0003025	PC 17/11/2011	6,0000	6,0000	101065	6664 RUM	Veracidade de Gás
Tot. DA CLASSIF. -> AD						
Quant. Receb. no Período =		112,0000	6,0000	5,41 % PC		
AC M031XG000314W	PC 07/11/2011	1,0000	1,0000	101053	6597 RUM	Veracidade
AC M062XG002522	PC 09/11/2011	4,0000	5,0000	101059	6612 RUM	Veracidade
Tot. DA CLASSIF. -> AC						
Quant. Receb. no Período =		124,0000	6,0000	4,84 % PC		

**** OS LIENS REJEITADOS SEM RNC NÃO SERÃO CONSIDERADO PARA EFEITO DE INDICE ****

Página 1

Figura 5 – IQF Novembro de 2011

Os dados de retrabalho por máquina ao longo do período estudado indicam, nos primeiros meses, que tratava-se de um indicador não avaliado, explicado pelo baixo número de horas de retrabalho encontrado. Posteriormente, com o início da medição do indicador, valores altos de retrabalhos foram apurados e finalmente, com a implantação das medidas corretivas no processo fabril do fornecedor percebe-se melhoria no índice, Tabela 3.

Descrição	Jan-11	Fev-11	Mar-11	Abr-11	May-11	Jun-11	Jul-11	Aug-11	Sep-11	Out-11	Nov-11	Total geral
Grupo máq. BANCADA	0	0	0	0.12	1.14	1.13	0	9.06	0.12	1.12	0	12.68
Grupo máq. TAMP1121	0.1	0	13.02	19.85	65.15	58.2	2.56	25.04	3.46	4.94	1.31	193.63
Grupo máq. TV1002	0	0	0	4.89	0	0	18.84	2.83	2.75	0	0	26.91
Grupo máq. TAMP	0	0	2.02	0.88	7.99	5.76	1.3	8.33	2.55	7.35	3.95	39.91
Grupo máq. CELEF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grupo máq. FALSAF	0	0	0	0	3.45	2.15	0	0	0	0	0	5.6
Grupo máq. FURCOL	0	0	3.04	8.77	0	4.14	6.76	0	0	0	0	22.71
Grupo máq. TV1001	0	0	1.43	75.98	68.87	7.33	2.27	5.3	11.82	20.4	0	193.4
Grupo máq. FURKAD	0	0.58	0	16.44	20.86	14.63	17.4	8.22	5.45	3.58	0	86.96
Grupo máq. TNS60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grupo máq. GFG350	0	0	0	0	0	5.52	80.34	16.19	19.67	1.85	2.63	86.4
Grupo máq. GFG430	0	0	0	1.57	0	0	0	0	4.4	0	0	5.97
Grupo máq. TNN60	0	0	0	0	2.08	0	0	0	0	0	0	2.08
Grupo máq. GRANAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grupo máq. GRAVAR	0.03	0	6.46	5.19	4.52	16.78	8.04	4.95	3.25	4.22	0.89	54.32
Grupo máq. TMM11202	0	0	0	21.58	17.61	0	0	0	1.3	11.09	12.80	64.27
Grupo máq. TMM1101	0	0	11.95	17.18	6.1	7.47	45.62	17.84	3.82	2.16	12.54	124.8
Grupo máq. GUS00	0	0	0	4.41	4.55	2.63	0	2.07	2.02	5.22	1.9	22.8
Grupo máq. MAAS	0	0	0.43	0	0	0	0	0	0	0	0	0.43
Grupo máq. TML1305	0	1.85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.85
Grupo máq. TMM	0	1.07	18.43	111.46	84.53	73.89	13.95	14.22	18.99	36.41	0.87	375.62
Grupo máq. JATO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grupo máq. MAVERDI	4.38	0	0.55	17.93	28.3	1.28	0.4	6.46	9.72	7.55	0	76.99
Grupo máq. TML	0	1.6	0	4.87	2.52	7.84	0	0	0	10.25	0	27.08
Grupo máq. TH	0	3.3	1.64	37.98	20.27	13.95	11.09	56.03	1.95	1.55	0	137.66
Grupo máq. NBM150	0	0	4.68	3.97	0	8.48	0	0	0	0	0	17.13
Grupo máq. TML1310	0	0	0	0.83	5.25	0	0	1.4	0	0	0	3.48
Grupo máq. TML1310	0	0	0	0.83	5.25	0	0	1.4	0	0	0	3.48
Grupo máq. REBARBA2	0	0	3.08	7.84	5.88	16.7	37.58	0	1.07	5.28	7.03	94.26
Grupo máq. SOLDA	0	2.21	58.49	256.96	207.78	108.29	112.78	164.19	145.28	82.78	37.54	1134.31
Grupo máq. NBM280	0	0	0	0	3.95	0	0	0	0	0	0	3.95
Grupo máq. NBM70	0	0	4.4	0	1.36	0	8.05	0	0	0	0	13.81
Grupo máq. REBARBA	0.2	18.28	25.56	114.45	142.62	47.95	26.5	111.9	81.23	48.94	82.72	690.45
	4.71	28.49	133.7	700.97	700.66	406.13	353.48	464.05	318.54	256.49	114.17	3481.4

Tabela 3 – Horas de retrabalho por máquina

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O início do processo de solução de problemas traz, em um primeiro momento, uma dúvida: é possível conseguir resultados mais positivos? Em um segundo momento a expectativa de conseguir a melhoria esperada.

As primeiras ações - identificação dos principais fornecedores causadores de defeitos e sua descontinuação - apresentaram imediatamente um resultado animador: a redução de 16,3% para 7,99% de incidência de defeitos. Mais gratificante ainda é perceber que este primeiro índice em nada onerou as contas da empresa estudada tendo em vista que a ação foi meramente gerencial.

Resultados positivos reforçam posicionamentos motivadores e a expectativa de resultados ainda maiores com interferência no processo produtivo provoca um questionamento: o investimento no desenvolvimento do processo fabril, com gastos maiores e maiores demandas de estudos elaborados, proporcionarão os mesmos resultados de uma simples ação gerencial?

O primeiro resultado, redução de 8% de incidência de defeitos com custo praticamente zero, não será proporcionalmente repetido. No entanto, o que se espera de fato é uma redução ainda maior. Chegar a 1% de defeitos em um prazo de um ano é um grande desafio.

Os benefícios atingidos com esses resultados serão maximizados se for levado em consideração que é economizado tempo de fabricação, o que, na prática, significa recursos financeiros. Atingiu-se a meta estabelecida. Essa afirmação é confirmada pelo dado máquina, Tabela 3, e IQF, Figura 5, que comprova a contribuição do estudo para a melhora do processo fabril do fornecedor.

O objetivo deste estudo foi, além de buscar a diminuição da variabilidade e redução de custos, deixar uma proposta aberta para novos estudos e novos desafios a serem vencidos. Como se trata de um projeto real, em condições reais de estudo e com benefícios tangíveis, em busca da redução continuada da variabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR ISO 9001/2008 – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

BREYFOGLE III, W. FORREST. Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods. 2º Edition, Hardcover, 2003.

CHIAVERINI, Vicente. Aços e Ferros Fundidos. 4.ed. São Paulo: Editora ABM, 2002.

QUEIROZ, G.; PIMENTA; “Elementos das Estruturas Mistas de Aço Concreto”. Editora O Lutador. Belo Horizonte, 2001.

NOGUEIRA, Romário Mauricio Urbanetto. Obtenção e Estudo de Insertos.

OLIVEIRA, M. Pesquisa sobre os tipos de aço utilizados na indústria, PA Novembro de 2010.

PFEIL, Walter, PFEIL, Michèle, Estruturas de aço: dimensionamento prático. 8ªed., Ed. LTC, 2009.

RITZMANN, Raul. Cabos de aço, Érica 2001.342p. Cabopec cabos de aços e peças Ltda. Disponível em [HTTP://WWW.cabopc.br](http://www.cabopc.br). Acesso em 20 de outubro de 2011.

ROTONDARO, R. G. et al.. Seis Sigma. São Paulo: Atlas, 2002.

SANTOS, Aços e Ferros Fundidos. São Paulo, 2000.4ª edição.

SOUZA, Sintetizados de Aços Rápidos AISI M2, M3/2 e T15. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia de Materiais) – Universidade do Estado de Santa Catarina – Centro de Ciências Tecnológicas, Joinville.

SCHROEDER, R.; Schroeder, Renan; ... 2008 - 2008 Vínculos: Estágio, Enquadramento Funcional: Estagiário... Pesquisa em diferentes rotas de processamento de aços inoxidáveis.

TREVILLE, CARVALHO, SAURO, HARE, et.al. USP. Diretrizes para apresentação de dissertação e teses. São Paulo, 2006 – 3ª Edição. Disponível em: <www.poli.usp.br/bibliotecas/publicacoesonline>. Acesso em: 28/11/2010.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. Criando a Cultura Seis Sigma. Belo Horizonte, MG: Werkema Ed., 2010. 256 p. Edição: 1º. 4º Reimpressão.

ANEXO A- Crescimento saudável na produção brasileira de aço:

A produção brasileira de aço bruto nos 10 primeiros meses deste ano totalizaram 29,7 milhões de toneladas, 6,7% maior, que um ano atrás, segundo o IABr.

A produção de aço bruto em outubro, no entanto, caiu 2,7% em relação ao ano anterior para 2,9 milhões de toneladas enquanto a produção de laminados caiu 1,9% para 2,1 milhões de toneladas em outubro e de 1,5% para 21,4 milhões de toneladas nos 10 primeiros meses do ano.

Durante outubro, as vendas domésticas de produtos siderúrgicos cresceram 13,2% para 1,8 milhões de toneladas, as exportações caíram 21% para 744 mil toneladas, e as importações caíram em 60% para 253 mil t, apontando um consumo aparente de produtos siderúrgicos no país de 2,1 milhões de toneladas, uma queda de 3,5 %.

Segundo analistas, a indústria siderúrgica brasileira está operando com 60% de sua capacidade de aço que é de 44,6 milhões de toneladas de aço bruto, tendo perdido a sua competitividade nos mercados interno e externo devido ao menor custo dos produtores de países como China e Índia.

O IABr deverá reduzir suas previsões para a produção brasileira de aço bruto em 2011, atualmente fixado em 36,3 milhões de toneladas, para cerca de 35,5 milhões de toneladas, mas ainda com um crescimento de 8% sobre 2010. **Fonte:** Infomet / CRUPublicação: 25/11/2011

ANEXO A.1- Ferreira, da CVRD, defende modernização da siderurgia no Brasil

O presidente da Vale, Murilo Ferreira, defendeu na noite desta terça-feira que as siderúrgicas do Brasil aumentem sua produção e modernizem suas plantas. Ele disse também que a empresa quer incentivar novas empresas a produzirem aço no país.

"Eu não consigo entender por que nós ficamos parados tantos anos nessas 30 milhões de toneladas. É uma frustração, falando como brasileiro. O que aconteceu? Durante anos, nós tivemos possibilidades", disse Ferreira durante encontro organizado pela Associação dos Analistas e Profissionais de Investimento do Mercado de Capitais (Apimec), em Belo Horizonte.

Ferreira recorreu ao exemplo da China, ao observar que as siderúrgicas chinesas produziram, em 2001, 150 milhões de toneladas de aço e que, em 2011, serão 700 milhões de toneladas, um avanço que, segundo ele, decorreu, principalmente, das siderúrgicas privadas. "Então eu me pergunto o seguinte: esse pessoal perdeu dinheiro ou deu de maluco?", disse, em tom descontraído.

A Vale se associou à siderúrgica coreana poço para uma planta no Ceará. Mas a empresa nunca será um player siderúrgico, afirmou Ferreira. "A Vale é uma empresa de mineração. Nós queremos apenas incentivar players que estejam interessados em produzir aço no Brasil." **Fonte:** Infomet / Valor **Publicação:** 24/11/2011