

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC NA FABRICAÇÃO DE TUBOS METÁLICOS SEM COSTURA

Daniel Rodrigues Andrade (INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS)
danielrandrad@gmail.com

Tiago Marcos Bitencourt (INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS)
tiagomarcosb@gmail.com

Resumo

O atual momento em que indústria siderúrgica brasileira permeia é altamente desafiador, visto a crise financeira e política, levando gerentes e diretores a buscarem cada vez mais meios para manter a viabilidade do negócio. Dentre as várias táticas de estratégia empresarial, a grande variável que aumenta a rentabilidade e fortalece qualquer organização é a manutenção da qualidade dos produtos. Visto isso, o artigo se propôs a aumentar a qualidade dos tubos de aço produzidos por uma grande siderúrgica mineira, utilizando como meio a metodologia DMAIC, um dos pilares da ferramenta Seis Sigma. Após a aplicação da metodologia, foi possível perceber diminuição de produtos defeituosos, além de aumento na eficiência de entrega de pedidos. Também houve uma maior integração de toda a equipe no processo.

Palavras-Chaves: (Qualidade; DMAIC; Seis Sigma)

1. Introdução

A palavra qualidade é um dos termos mais citados dentro de uma organização. Muito se fala em manter qualidade nos serviços, em cada processo que compõe o produto final, mas muitas vezes o real conceito de qualidade não é entendido e é tido como algo subjetivo. No intuito de definir um conceito claro e objetivo, os seguintes autores descrevem qualidade das seguintes formas:

- (JURAN, 1992:9) "Qualidade é ausência de deficiências".
- (FEIGENBAUM, 1994:8) "Qualidade é a correção dos problemas e de suas causas ao longo de toda a série de fatores relacionados com marketing, projetos, engenharia, produção e manutenção, que exercem influência sobre a satisfação do usuário."
- (CROSBY, 1986:31) "Qualidade é a conformidade do produto às suas especificações."
- (DEMING, 1993:56) "Qualidade é tudo aquilo que melhora o produto do ponto de vista do cliente".

- (ISHIKAWA, 1993;43) "Qualidade é desenvolver, projetar, produzir e comercializar um produto de qualidade que é mais econômico, mais útil e sempre satisfatório para o consumidor."

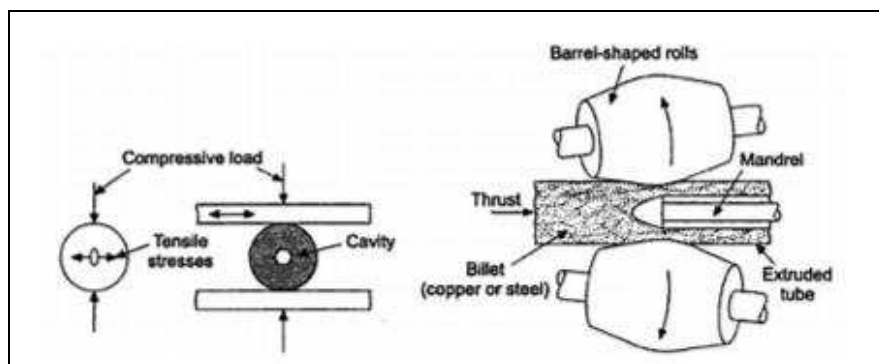
Todos os conceitos acima convergem para um mesmo ponto: Produzir, sem defeitos, com foco nas especificações do cliente.

A metodologia DMAIC, proposta pelo método Seis Sigma é uma alternativa para esta manter a qualidade contínua dos produtos. Ela possibilita uma abordagem científica, estruturada e flexível para ser aplicada em um ambiente empresarial de empresas de grande porte.

A empresa estudada é uma grande siderúrgica do alto Paraopeba, com foco em fabricação de tubos sem costura. A produção de tubos sem a presença do cordão longitudinal de solda pode ser feita por duas formas distintas: produção por tubo penetrante rotativo ou extrusão. Neste artigo abordaremos a produção por tubo penetrante rotativo ou processo Mannesmann.

A confecção dos tubos por esse processo é feita através da exploração de uma cavidade que surge no centro da seção transversal do bloco ao ser submetido à tensões cíclicas de compressão. A seguir, um par de rolos posicionados obliquamente em relação ao bloco é girado contra um mandril que penetra no mesmo propagando a cavidade e expurgando o material do centro para o que posteriormente será denominada parede do tubo, como mostrado na figura 1:

Figura 1 – Processo Mannesmann.



Fonte: Manuais da empresa.

Após a penetração completa do mandril e retirada do mesmo do interior da barra, agora denominada lupa, não se pode caracterizar o produto resultante do processo como um tubo ou

produto acabado, faz-se necessário a presença de outros laminadores para a obtenção do tubo requerido pelo cliente.

Para a análise de defeitos e garantia da qualidade dos produtos que a laminação entrega, a planta possui um equipamento denominado MPB, que é capaz de medir com muita precisão as dimensões dos tubos, como diâmetro, comprimento e parede, retornando gráficos de posições exatas da presença dos defeitos internos e externos, possibilitando a posterior recuperação (quando possível) ou o sucateamento da peça. Dentre os defeitos comumente detectados por esse equipamento, o buraco externo (BUE) é o de maior incidência.

Partindo dessa premissa, o estudo de caso tem como objetivo diminuir o aparecimento de buracos externos em tubos produzidos. O trabalho se justifica pela necessidade de diminuir o

2. Referencial teórico

2.1. Abordagens da qualidade

Como mencionado, o foco no cliente é unanimidade nos conceitos dos principais autores. No entanto, David A. Garvin, (1992) percebeu que ocorre uma concorrência entre as formas de se alcançar qualidade (preço, qualidade de matéria prima, técnicas de produção...) logo realizou um estudo e sintetizou o conceito de Qualidade em cinco abordagens:

- Abordagem Transcendental

De acordo com essa abordagem, qualidade não pode ser muito bem definida, sendo um grau de excelência que só é reconhecida pelo consumidor ao ter a experiência com o produto.

- Abordagem baseada no Produto

Nessa abordagem o conceito de Qualidade é mensurável e preciso. Todas as características e definições de um produto compõe a qualidade. Qualidade é o grau em que um produto específico está de acordo com o projeto ou especificação.

- Abordagem Baseada na Produção

"Qualidade é a conformidade do produto às suas especificações." (CROSBY, 1979, 15).

Nessa abordagem qualidade está estritamente ligada as conformidades com os requisitos de projeto de um produto. Uma produção totalmente voltada as especificações de projeto resultará em um produto de qualidade.

- Abordagem centrada no valor

Nesta abordagem, qualidade é mensurada em termos de custo e preço final para o cliente. Enfatiza-se a necessidade de um alto grau de conformação a um custo aceitável, tendo assim um produto de qualidade para o consumidor.

- Abordagem centrada no usuário

"Qualidade é adequação ao uso" (JURAN, 1981: 2-2).

Essa abordagem sugere que um produto de qualidade é aquele que atende todas as necessidades do cliente. Como cada consumidor tem suas necessidades, o conceito de Qualidade se torna subjetivo nessa abordagem.

Garvin sugere que, ao invés de enfatizar muito uma abordagem em detrimento de outra, deve-se garantir que todas coexistam durante todo o processo de criação de um produto. A Qualidade plena só será alcançada com a perfeita interação das cinco abordagens.

2.2. Dimensões da qualidade

Garvin (1992) sugere a divisão da qualidade em oito dimensões, para maior compreensão do conceito:

- Desempenho: Compõe todas as características funcionais primárias e os requisitos técnicos concretos de um produto. É o mínimo básico que o Consumidor espera do produto oferecido: adequação e eficácia em atender o propósito pretendido. Inclui a acessibilidade ao produto, disponibilidade e oportunidade, facilidade de uso e contato, além de interatividade e customização.
- Características: São especificações secundárias, aspectos complementares ao funcionamento básico do produto. Agregam valor ao produto, mas não são exigências

explícitas do Cliente. Mesmo que sejam secundárias, o não atendimento dessas especificações resulta em reclamações ou perda do cliente.

- **Conformidade:** É justamente a capacidade ou grau em que o projeto e produção de um produto atendem a padrões preestabelecidos pelo cliente. Padrões abrangem especificações, procedimentos, regras, normas, leis e regulamentos, externos ou próprios ao fornecedor, aplicáveis ao produto. Também são incluídos códigos morais, éticos, ambientais, de segurança, de saúde e quaisquer outros reconhecidos pelo cliente, sejam formais ou não.
- **Confiabilidade:** É o grau de confiança do produto, refletido pela probabilidade ou nível de interrupções inesperadas, mau funcionamento ou falha, durante determinado período de tempo. Considerando um bem não durável ou um serviço, refere-se à probabilidade de que o produto funcione ou aconteça no mesmo nível ao longo de sua prestação e em todas as oportunidades de aquisição.
- **Durabilidade:** É uma medida da duração da vida ou da quantidade de uso possível de um produto. Enfim, o tempo decorrido até a deterioração do produto, momento em que o reparo seria impossível por razões técnicas ou econômicas. A vida do produto pode incluir possíveis reparos, desde que sejam econômicos e tecnicamente viáveis, além de satisfatoriamente aceitáveis somente caso não ocorram múltiplas falhas ou perda de funções essenciais mesmo que por breve período.
- **Atendimento:** É uma avaliação da interface do cliente com o produto, em todas as fases do processo e momentos de contato. Desde as etapas de cotação ou busca de informações, estendendo-se durante o uso e alcançando atividades de pós-venda como assistência técnica e garantia do produto.
- **Estética:** Abrange os aspectos estéticos, sensoriais e emocionais ligados ao produto e estrutura de entrega. Centrando a questão no Cliente, trata-se da aparência do produto: odor, tato, sabor ou ruídos e do ambiente de entrega do produto: instalações, atmosfera, máquinas, pessoas e meios de comunicação.
- **Qualidade Percebida:** Trata-se da expectativa do Cliente em relação a um produto, construída a partir de sua percepção, estado de espírito e a imagem da marca, do fornecedor, como resultado da propaganda ou de sua experiência pessoal com outro produto da mesma companhia.

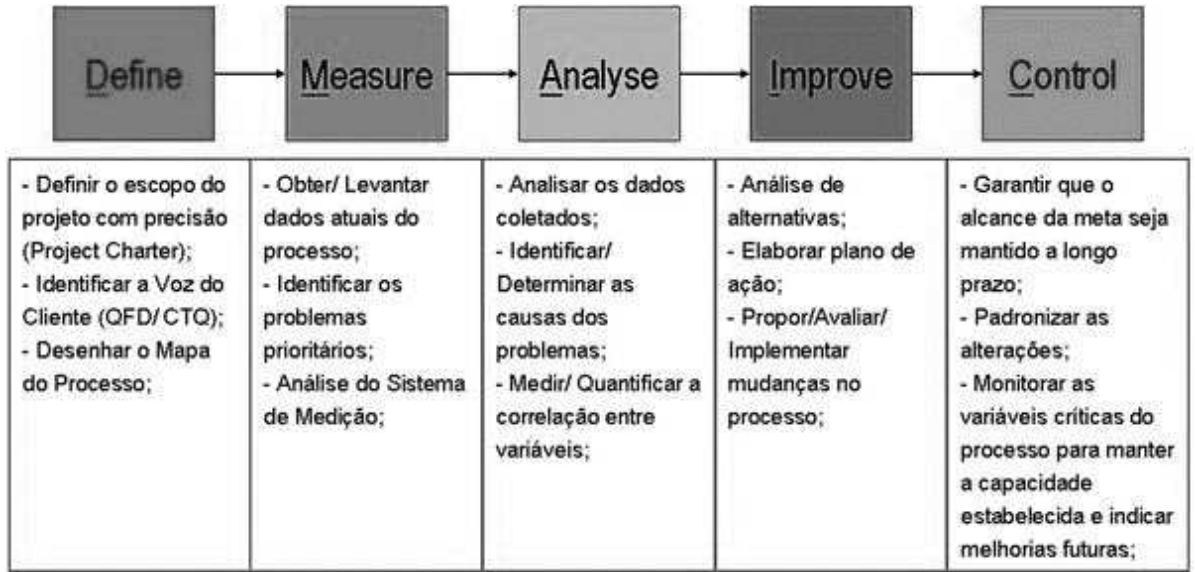
2.3. Metodologia DMAIC

CAMPOS (2003) define que para a implantação da ferramenta Seis-Sigma é necessário o uso de um método denominado DMAIC, que prevê uma sequência lógica de etapas ou fases definidas como: Definir, Medir, Analisar, Aprimorar e Controlar. Segundo Pande (2001), os modelos tradicionais de melhorias aplicados aos processos ao longo dos anos se baseiam nos passos elaborados por W. Edwards Deming, conhecidos como PDCA (Plan, Do, Check e Action). Segundo Harry & Schroeder (2000) a aplicação da metodologia Seis Sigma pode ser dividida em cinco fases (D-M-A-I-C), descritas da seguinte forma:

- **Definir:** Busca identificar as necessidades e requisitos junto aos clientes, associando-os aos objetivos estratégicos da empresa, para então se definir processos críticos que deverão se tornar projetos realizados como oportunidade de melhoria ou economia, que possa beneficiar a empresa.
- **Medir:** Aplicação de ferramentas estatísticas para traçar o estado atual dos processos a serem trabalhados, estabelecendo-se metas de aprimoramento e resultados.
- **Analisar:** A partir do uso de ferramentas para identificação da causa raiz do problema definido, evitando identificar consequências no lugar de causas.
- **Melhorar:** Utilizar ferramentas estatísticas e operacionais para melhoria dos processos, ações e alterações para correção do problema alvo.
- **Controlar:** Aplicação de ferramentas com o intuito de manter as melhorias alcançadas e torná-las resolutivas de forma padrão.

O cronograma de atividades referente a cada etapa descrita acima é representado pelo seguinte quadro:

Figura 2: Cronograma de atividades do DMAIC.



Fonte: CAMPOS (2003) adaptado.

Segundo Arie (2005) é de extrema importância que haja o envolvimento de todos no processo de implantação do DMAIC, como o respaldo da alta administração. Isso irá proporcionar uma taxa de sucesso na operacionalização dos processos.

2.4. Ferramentas de apoio na implantação do DMAIC

2.4.1. Brainstorming

Mediante Godoy (2001) a identificação das causas de um problema pode ser feita munida da utilização do brainstorming, pois essa ferramenta possibilita a geração de várias ideias e discussão de um grupo de uma maneira organizada e mais ética. Segundo Minicucci (2001) a tradução adequada para os termos brain e storming é “explosão de ideias” e não ao pé da letra “tempestade de cérebro”. As organizações inseridas no mercado competitivo atual precisam constantemente de conhecimento proveniente das ideias dos colaboradores, por esse motivo o *brainstorming* se faz muito importante no que se refere à oportunidade e liberdade entregue aos integrantes do grupo para explicitar suas propostas e ideias.

2.4.2. Ishikawa

Segundo Tubino (2000) o diagrama de Ishikawa estratifica os processos mais complexos em outros mais simplificados e permite um controle melhor dos mesmos. Werkema (1995) justifica o uso do diagrama como uma forma de evidenciar os resultados gerados por um problema estão ligados diretamente com as causas do mesmo. Campos(1999) afirma que podem existir um número extenso de causas dos problemas, mas que estas podem ser subdivididas em classes ou categorias. Ainda sob afirmação de Campos (1999) as categorias se dividem em: materiais, máquinas, métodos, meio ambiente, medidas e mão de obra.

2.4.3. Matriz GUT

Para Bragagnolo ET AL (2004) a matriz GUT é uma ferramenta extremamente útil para a consolidação de prioridades na eliminação de vários problemas relacionados entre si. Grimaldi afirma que a criação da técnica GUT foi criada para dirigir decisões compostas de muitos pontos importantes. Segundo Leal (2011), a utilização da matriz GUT não é complexa e tem por objetivo separar e priorizar os problemas para uma posterior análise. Leal descreve também o significado de cada letra que compõem o nome da ferramenta, onde, G significa gravidade da avaliação das consequências negativas que o problema pode gerar aos usuários. U remete à Urgência ou o tempo necessário para sanar o problema. T corresponde à Tendência ou comportamento do cenário atual.

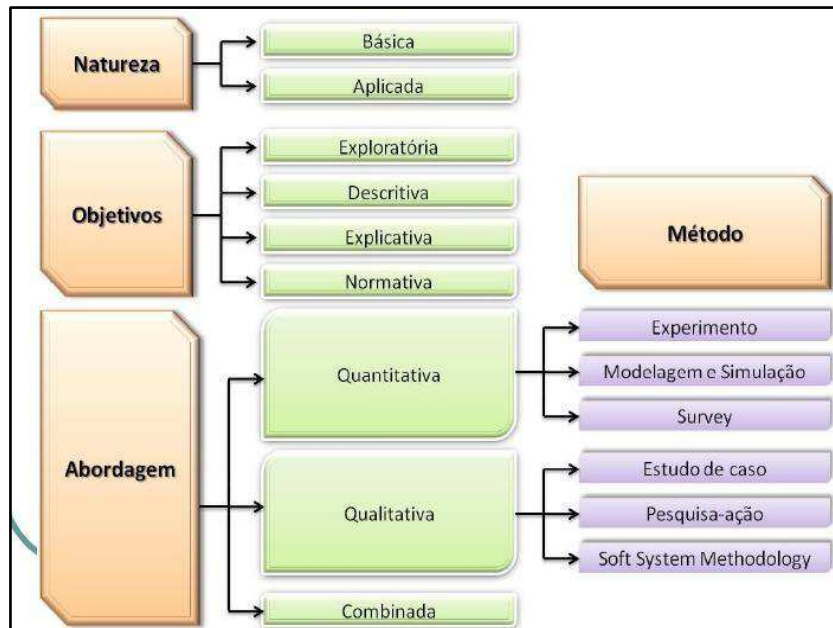
3. Metodologia

Para a elaboração do projeto iremos adotar o método científico. Lakatos e Marconi (2010) generalizam as etapas para a solução de um problema:

- Definição e delimitação de um problema de pesquisa;
- Formulação da hipótese;
- Observações, coleta de dados e de informações;
- Análise e interpretação dos resultados;
- Rejeição ou não rejeição da hipótese.

Definido e delimitado o problema, iremos classificar quanto à natureza, objetivos, abordagem e o método utilizado. Miguel (2010) classifica da seguinte forma

Figura 3 - Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção



Fonte: Miguel (2010) adaptado

Inicialmente o autor faz a classificação quanto à natureza da metodologia. O projeto estudo de caso do artigo é de natureza aplicada, visto que iremos estudar um fenômeno existente e propor soluções de melhoria, de forma aplicada.

Quanto aos objetivos, estes podem ser caracterizados como exploratórios e descritivos. Exploratório porque iremos realizar um estudo e analisar o registro e a interpretação do problema (Barros e Lehfeld, 2007). Descritivo porque iremos registrar fatos, analisa-los, interpreta-los e identificar suas causas (Lakatos e Marconi 2010).

A abordagem será combinada, demandando coleta e análise de dados que serão base para o método estudo de caso.

4. Resultados e análises

4.1. Caracterização do defeito

O defeito objeto de análise deste artigo é conhecido por BUE (buraco externo), caracterizado por pequenas cavidades que equivalem a uma ausência de material no corpo externo do tubo. Atualmente o BUE tem sido o defeito com maior frequência nos sensores dos equipamentos medidores de qualidade. Isso faz com que as peças detectadas com erros sejam retestadas no equipamento e conseqüentemente gera um retrabalho e atraso na linha de produção. Caso o

tubo retestado tenha buracos externos, este segue para uma linha alternativa para recuperação, onde uma esmerilhadeira pneumática com discos de desbastes consumíveis promovem desbastes para a eliminação dos buracos externos. Toda essa recuperação leva em média 4 minutos por defeito encontrado e pode gerar um significativo atraso de produção na linha da laminação.

Existem gastos com os produtos consumíveis, energia dos compressores, energia elétrica das cabines, custos com mão de obra do operador dentre outros pequenos custos incluídos na reavaliação, custos que são completamente inviáveis para qualquer organização. Além disso, há a possibilidade do não reaproveitamento do tubo, o que gera sucata e maiores perdas por defeito de produção.

4.2. Aplicação da metodologia DMAIC

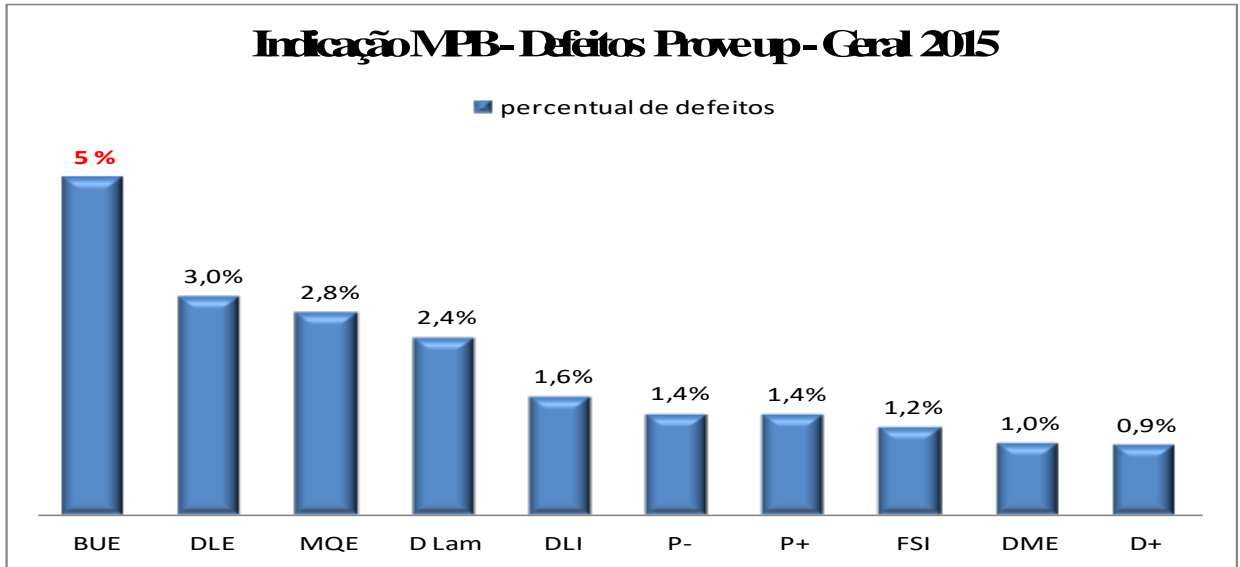
A empresa em análise possui uma necessidade cada vez maior em reduzir custos e aumentar a qualidade dos produtos oferecidos, por esse motivo desde o início das atividades a mesma tem adotado algumas estratégias internas de motivação e desenvolvimento dos colaboradores a fim de garantir a excelência em produtividade. O GMC (grupo de melhoria contínua) foi um programa interno criado para desenvolver pessoas no ambiente de trabalho e consequentemente melhorar a segurança, aumentar a qualidade e reduzir custos. Inicialmente para que o funcionário participe do Grupo é necessário que o mesmo seja treinado na metodologia e empenho na realização das atividades.

A primeira etapa para a implantação do DMAIC para solução do problema de buraco externo nos tubos foi a criação de um cronograma de trabalho contendo um planejamento prévio de datas de reuniões para acompanhamento do trabalho e deliberação das atividades a serem feitas. Na sequência faz-se necessário a adoção do método sistemático DMAICS para garantir a eficiência e eficácia organizacional.

4.2.1. Etapa definir

Essa etapa tem por objetivo definir e conhecer o problema ou oportunidade de melhoria. Foram feitas todas as apurações prévias da real necessidade de estudo do buraco externo e a oferta da data limite para ter o problema solucionado. Os dados coletados geraram gráficos que afirmam a maior incidência de buracos externos (BUE) entre os defeitos dos tubos no ano de 2015, como mostram as figuras 3 e 4:

Figura 4 – Defeitos observados nos tubos.

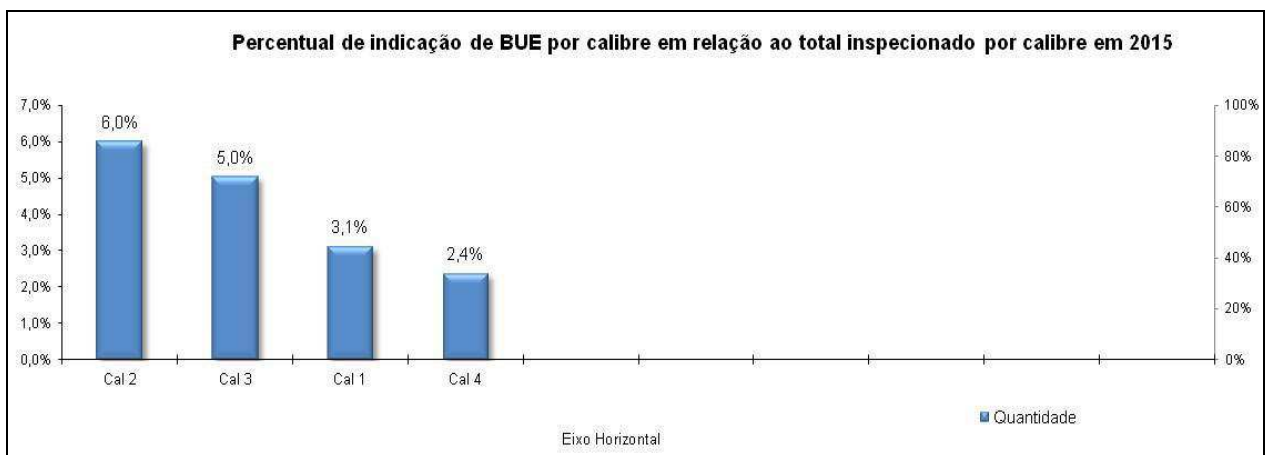


Fonte: Os autores, a partir de dados da empresa estudada.

4.2.2. Etapa medir

Nessa etapa são feitas as coletas de dados atuais para que se reduza o range de possíveis causas de buraco externo. Falconi (1994, p 226) recomenda muita atenção à essa fase. “Quanto mais tempo se gasta aqui, mais fácil será resolver o problema. Não salte esta parte”. A análise de extensão permitiu ao grupo verificar a possibilidade do defeito em questão ocorrer além das identificadas, percebeu-se através deste estudo que o buraco externo se comporta de forma diferente em relação aos calibres dos tubos, como mostram as imagens:

Figura 5: Percentual de defeito BUE por calibre.



Fonte: Os autores, a partir de dados da empresa estudada.

Figura 6: Percentual de defeito BUE por aço produzido.



Fonte: Os autores, a partir de dados da empresa estudada.

Os gráficos acima ilustram as segregações das investigações realizadas do defeito, onde pode se perceber que a maior incidência de indicação de sucata por BUE nos tubos laminados em 2015 está localizada no calibre 2 (tubos com diâmetro de 219,10mm à 274,15mm) e no aço L60V.

4.2.3. Etapa analisar

Nessa etapa os dados obtidos são analisados com a necessidade de entender quais as possíveis causas que levam à incidência de buraco externo e principalmente a causa raiz do mesmo. Foram empregadas as ferramentas de Brainstorming, Ishikawa e GUT, como demonstram as seguintes imagens:

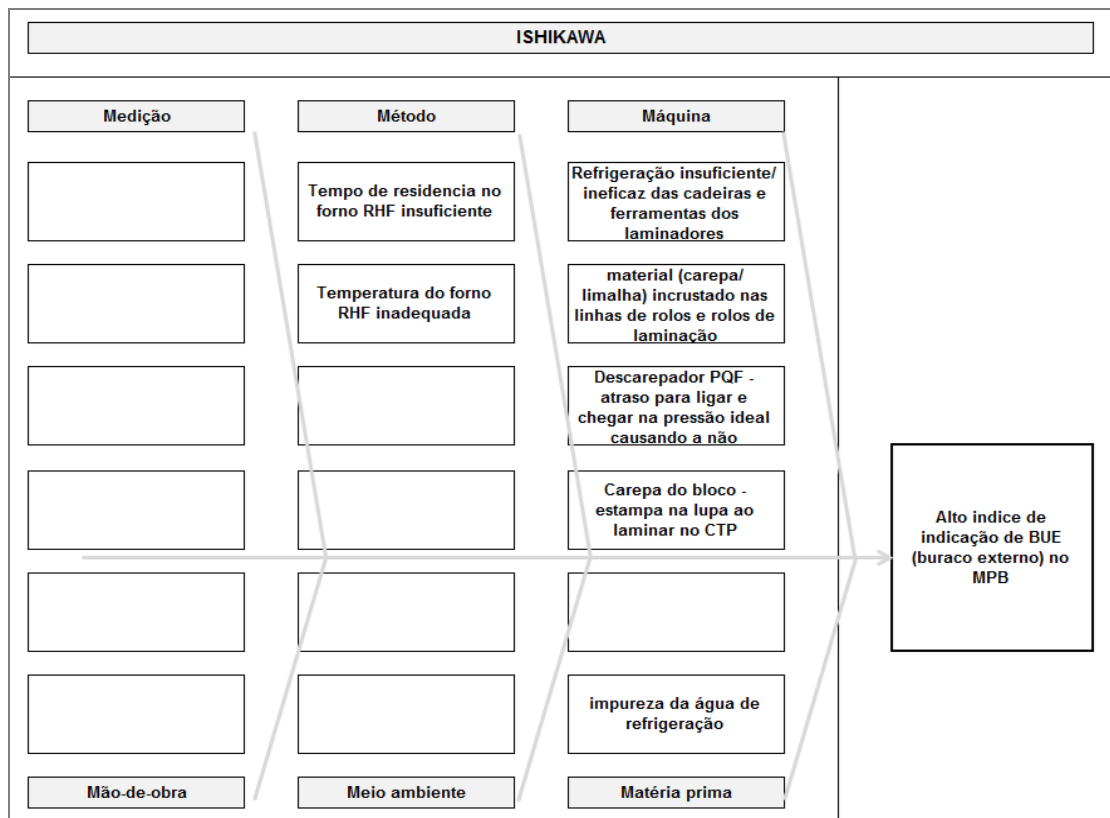
Figura 7: Quadro das ideias geradas no brainstorming.

BRAINSTORMING	
Descrição do problema	
Alto índice de indicação de BUE (buraco externo) no MPB	
Item	Levantamento das causas
1	Refrigeração insuficiente/ ineficaz das cadeiras e ferramentas dos laminadores: CTP, PQF,EM e SM
2	Impureza da água de refrigeração
3	Material (carepa/limalha) incrustado nas linhas de rolos
4	Carepa do bloco - estampa na lupa ao laminar no CTP
5	Tempo de residencia no forno RHF insuficiente
6	Temperatura do forno inadequada
7	Descarepador PQF - atraso para ligar e chegar na pressão ideal
8	
9	
10	

Fonte: Os autores, a partir de dados da empresa estudada.

A partir dessa ferramenta, elencamos as causas possíveis que levam ao aparecimento do defeito BUE nos tubos.

Figura 8: Quadro das ideias geradas no ishikawa.



Fonte: Os autores, a partir de dados da empresa estudada.

A partir da ferramenta ishikawa, percebemos que havia falhas de método, máquina e matéria prima. Partindo dessa análise, organizamos as falhas de acordo com sua prioridade, usando a metodologia GUT:

Figura 9: Quadro das ideias geradas no GUT

GUT- PRIORIZAÇÃO DE PROBLEMAS					
Item	Alto índice de indicação de BUE (buraco externo) no MPB	G	U	T	Total
1	Refrigeração insuficiente/ ineficaz das cadeiras/ ferramentas dos laminadores (CTP, PQF, EM e SM)	4	4	5	80
2	material (carepa/ limalha) incrustado nas linhas de rolos e rolos de laminação	4	4	4	64
3	Descarepador PQF - atraso para ligar e chegar na pressão ideal causando a não descarepagem da parte ponta da lupa	3	4	3	36
4	Carepa do bloco - estampa na lupa ao laminar no CTP	2	2	3	12
5	Tempo de residencia no forno RHF insuficiente	2	2	2	8
6	Temperatura do forno RHF inadequada	3	1	1	3
7	Impureza da água de refrigeração	3	1	1	3
8					
9					
10					

Fonte: Os autores, a partir de dados da empresa estudada.

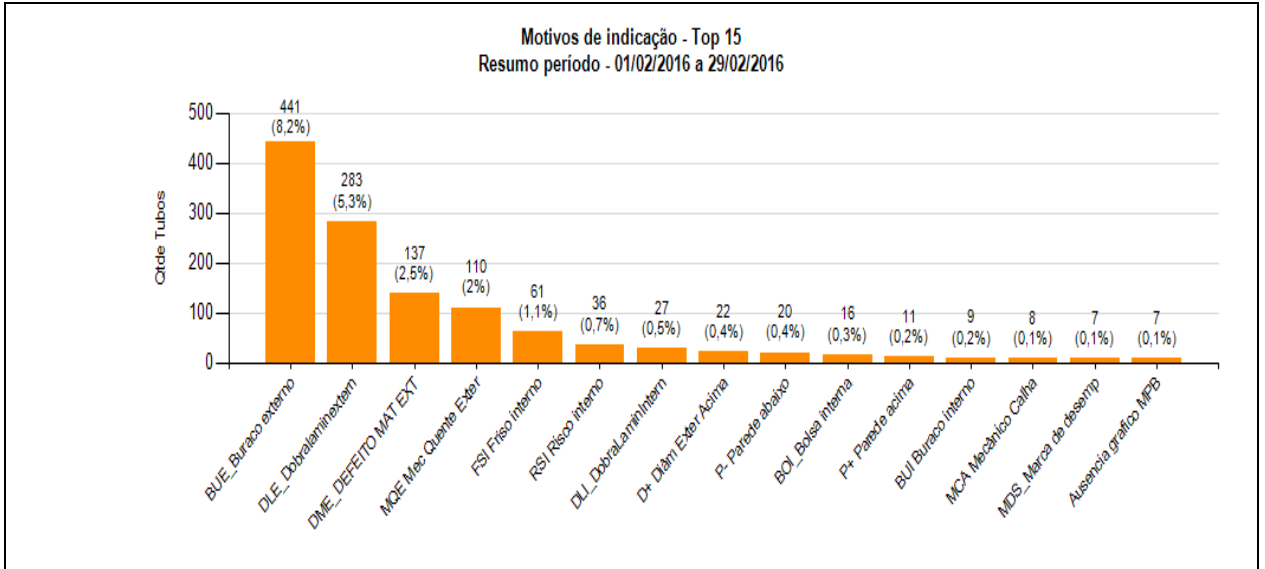
4.2.4. Etapa melhorar e controlar

A partir das causas listadas e priorizadas, foram implantadas as seguintes modificações para minimizar ao máximo os efeitos:

- Alteração no modo de refrigeração dos tubos. Foram reposicionados os bicos injetores de líquido refrigerante, uniformizando a cobertura nos tubos;
- Criação de um plano semanal de parada para limpeza das linhas de rolos de laminação;
- Melhorias na engenharia do descarepador PQF;
- Alteração no padrão de operação do forno RHF, aumentando a temperatura e o tempo de residência;
- Troca do fornecedor do líquido refrigerante para tubos.

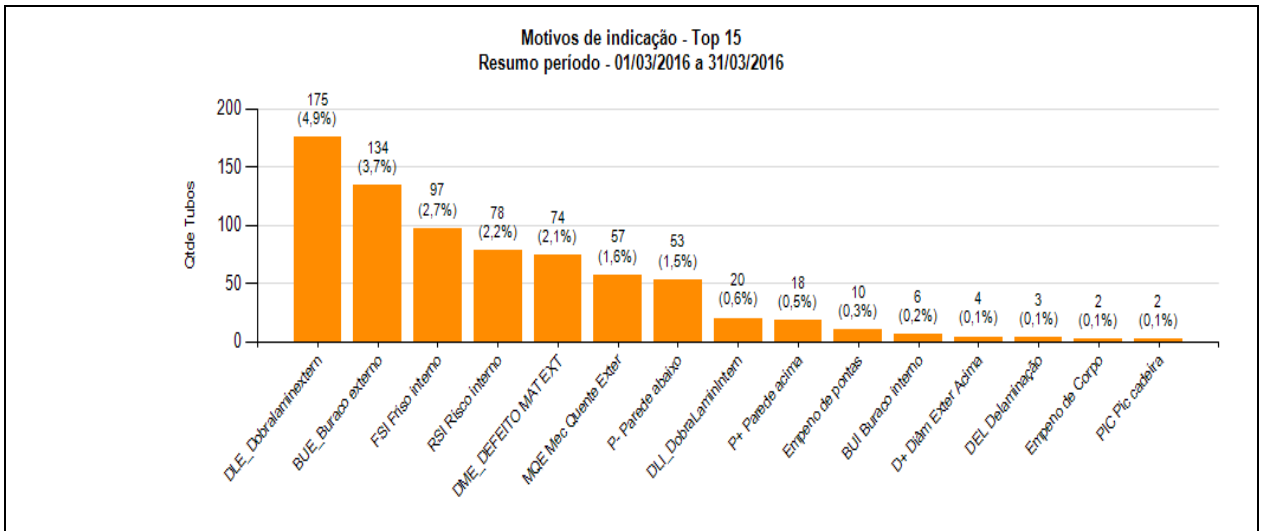
As mudanças foram implantadas no final do mês de fevereiro de 2016. Analisando os meses de fevereiro e março do mesmo ano, percebemos que houve uma redução de 45,12% de incidência de buracos externos, até então o melhor número da empresa. Os gráficos seguintes ilustram a melhoria:

Figura 10: Gráfico de defeitos do mês de fevereiro.



Fonte: Os autores, a partir de dados da empresa estudada.

Figura 11: Gráfico de defeitos do mês de março.



Fonte: Os autores, a partir de dados da empresa estudada.

5. Considerações finais

Cumprindo o objetivo de melhorar a qualidade do produto foco de estudo, a metodologia DMAIC se mostrou uma ferramenta de extrema importância para gestão de qualquer produto de uma organização. O fato da empresa já possuir um sistema de gestão próprio de problemas ajudou na implantação dos conceitos, que foram seguidos etapa por etapa até o final.

Além da redução de 45,12% na incidência de defeito nos produtos, a adoção da ferramenta proporcionou maior interação de toda a equipe, proporcionando um clima favorável para aprofundar os conhecimentos na causa do problema.

Outro fato importante de ser mencionado é que a adoção do método DMAIC abriu o campo de visão gerencial, mostrando através de dados históricos que a solução do problema buraco externo era crucial para reduzir custos e aumentar lucros, além de melhorar a relação com o cliente.

REFERÊNCIAS

ARIENTE, M.; CASADEI, M. A. GIULIANI, A. C.; SPERS, E. E. **Processo de mudança organizacional: estudo de caso do Seis Sigma**. 2005.

BARROS, Aidil Jesus da Silveira; LEHFELD, Neide Aparecida de Souza. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 3.ed. São Paulo: Prentice-Hall, 2007.

BRAGAGNOLO, Angelita et al., (2004) – **Ferramentas da Qualidade**. Bento Gonçalves. Universidade de Caxias do Sul. Disponível em: <
<https://docs.google.com/a/fahor.com.br/viewer?a=v&q=cache:D58IVrjJpOwJ:ucsnews.ucs.br:8>> . Acessado em 05/08/2016.

CAMPOS, Siqueira Campos. (Apostila). **Seminário Gerencial Seis Sigma**. Joinville: Siqueira Campos Associados, 2003.

CAMPOS, Vicente F. **Controle da qualidade total (no estilo japonês)**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999.

CROSBY, P. B. **Quality is free**. New York: McGraw-Hill, 1979.

CROSBY, PHILIP B. **Qualidade é Investimento**. New York: McGraw-Hill. 1986.

DEMING, W.E . Dr. **Deming: o americano que ensinou a qualidade total aos japoneses**. Rio de Janeiro: Record, 1993.

FALCONI, Vicente, TQC: **Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia a Dia**. Rio de Janeiro: Bloch, 1994.

FEIGENBAUM, Armand V. **Controle da qualidade total: gestão e sistemas**. São Paulo: Markon, 1994.

GARVIN, David A. Gerenciando a Qualidade: a visão estratégica e competitiva; Qualitymark ed. 1992.

GODOY, M. H. P. C. **Brainstorming**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2001.

HARRY, M. & SCHROEDER, R. **Six Sigma: the breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations**. Currency: New York, 2000.

HARRY, M. J. **Six Sigma: a breakthrough strategy for profitability**. Quality Progress, p. 60-65, Mai 1998.

ISHIKAWA, K. **Controle da qualidade total: a maneira japonesa**. Rio de Janeiro: Campus, 1993.

JURAN, J. M. **A Qualidade Desde o Projeto**. São Paulo: Pioneira, 1992.

JURAN, J. M. **Management of Quality (course materials)**. Wilton, CT: Juran Institute, Inc., 1981.

LAKATOS, E. Maria; MARCONI, M. de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica: Técnicas de pesquisa**. 7 ed. – São Paulo: Atlas, 2010.

LEAL, Adriana Schwantz et al., (2011) - **Gestão da qualidade no serviço público**. Disponível em: < http://www2.ufpel.edu.br/cic/2011/anais/pdf/SA/SA_00440.pdf>. Acessado em 05/08/2016.

MIGUEL, P. A. C. (organizador). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção em gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MINICUCCI, Agostinho. **Relações humanas: psicologia das relações interpessoais**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

PANDE, S. **Estratégia Seis Sigma: como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manual de planejamento e controle da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1995.