



Congresso Internacional de Administração
ADM 2021

Administração Ágil
Inovação e Trabalho Remoto

25 a 27
de outubro

Ponta Grossa - Paraná - Brasil

UTILIZAÇÃO DE SEIS SIGMA PARA REDUÇÃO DO ÍNDICE DE PERDAS POR DEFEITOS ESPECÍFICOS EM UMA SIDERURGIA.

UTILIZATION OF SIX SIGMA TO REDUCE THE INDEX OF LOSSES DUE TO SPECIFIC DEFECTS OF A STEEL INDUSTRY.

ÁREA TEMÁTICA: GESTÃO DE OPERAÇÕES E LOGÍSTICA

Nathiele Vagna de Andrade Silva, FUPAC, Brasil, nathieleandrade@yahoo.com

Jussara Fernandes Leite, FUPAC, Brasil, leite.jussara@yahoo.com.br

Arlindo Saulo da Silva, FUPAC, Brasil, saauloo@gmail.com

Resumo

Este artigo tem como objetivo analisar o processo produtivo da laminação e diagnosticar uma alternativa para reduzir as perdas por defeitos específicos de uma usina siderúrgica. Esta pesquisa é um estudo de caso com características bibliográficas, exploratória, explicativa e aplicada. Foi desenvolvida com a utilização da metodologia Seis Sigma. Os dados foram coletados por meio do levantamento das perdas ocorridas no processo da laminação. Como resultado, foi possível reduzir o índice de perdas e obter um ganho financeiro de R\$ 477.000,00. Outros resultados destacados foram: o maior envolvimento dos colaboradores quanto ao cumprimento dos padrões, e maior fluidez do processo produtivo, pois se recupera menos produtos em linha, tornando o processo mais rápido e seguro para os operadores. Assim, foi possível concluir que a qualidade tem a capacidade de tornar as empresas mais competitivas, com o aumento do valor agregado de seus produtos conciliado à redução dos custos de fabricação, tornando-as concorrentes mais fortes no mercado.

Palavras-chave: Perdas, Seis Sigma, Qualidade, Siderurgia.

Abstract

This article aims to analyze the production process of rolling mills and diagnose an alternative to reduce losses due to specific defects in a steel mill. This research is a case study with bibliographical, exploratory, explanatory and applied characteristics. It was developed using the Six Sigma methodology. Data were collected by surveying the losses that occurred in the lamination process. As a result, it was possible to reduce the loss ratio and obtain a financial gain of R\$477,000.00. Other highlighted results were: greater involvement of employees in complying with standards, and greater fluidity in the production process, as fewer products are recovered in-line, making the process faster and safer for operators. Thus, it was possible to conclude that quality has the capacity to make companies more competitive, with an increase in the added value of their products, combined with a reduction in manufacturing costs, making them stronger competitors in the market

Keywords: Losses, Six Sigma, Quality, Steel industry.

1. INTRODUÇÃO

Por influência da grande competitividade no cenário siderúrgico nacional e internacional, juntamente com o elevado grau de exigência dos clientes, as empresas desse setor encontram-se na necessidade de aperfeiçoar seus processos, de maneira a reduzir desperdícios e obter maiores lucro para ter vantagem competitiva frente aos seus concorrentes.

Sobre esse assunto, Miranda (1994) esclarece que as organizações precisam gerar produtos e serviços em condições de satisfazer as demandas dos usuários finais, logo precisam atender requisitos de qualidade, custos e segurança. Para que esses sejam alcançados, as empresas têm que eliminar atividades que não agregam valor e comprometem os objetivos organizacionais.

No setor de laminados na siderurgia, esses propósitos podem ser comprometidos quando ocorrem falhas ou anomalias no processo produtivo, que são consideradas não conformidades. Na siderurgia, uma das não conformidades que podem aumentar os custos industriais e afetar a qualidade dos produtos são defeitos do tipo Dobra Laminação Externa (DLE). Essa anomalia pode estar vinculada às condições de uso do equipamento utilizado para laminação dos produtos, como também outros problemas dentro da linha de produção.

Fato é que o problema de DLE impacta diretamente no custo, pois gera sucateamento de produtos acabados quando os defeitos não são viáveis de recuperação, menor produtividade e desempenho da linha de produção, quando os defeitos gerados são passíveis de recuperação em linha, além disso, podendo haver atrasos dos pedidos a serem entregues ao cliente final. Dentro do contexto, esta pesquisa artigo tem como objetivo analisar o processo produtivo da laminação e diagnosticar uma alternativa para reduzir as perdas pelo defeito de DLE.

2. FERRAMENTAS DA QUALIDADE E METODOLOGIA SEIS SIGMA

Brassard (2004) e Behnam e Alvelos (2011) explicam que as ferramentas da qualidade não apenas ajudam a identificar o que está acontecendo em um processo, como também apontam as prováveis causas. Ishikawa (1986) foi um grande estudioso sobre as ferramentas da qualidade e apresenta que as consagradas da qualidade total são: diagrama de pareto, diagrama de causa e efeito, histogramas, folhas de verificação, gráficos de dispersão, fluxogramas e cartas de controle.

Além dessas, outras ferramentas são encontradas na literatura e utilizadas em organizações como exemplo: *brainstorming*, apresentada pelos autores apresentadas por Bralla (1996) *apud* Hirayama (2005); e matriz de esforço x impacto estudado por Barbosa et al. (2015).

Uma metodologia que utiliza ferramentas da qualidade é o Seis Sigma, que segundo Werkema (2002), tem objetivo de alcançar altos níveis de qualidade. Sobre essa metodologia, Carpinetti (2016) esclarece que ela é um programa de melhoria que busca a redução de desperdícios da não qualidade e, conseqüentemente, a redução de custos

Em consonância, Rodrigues (2016) diz que um processo padrão Seis Sigma apresenta uma probabilidade de 3,4 defeitos (falhas) por milhão de itens produzidos ou uma probabilidade de 99,99966% de perfeição. Esses valores já considerando o processo deslocado em $1,5 \sigma$. Neste contexto, pode-se fazer a análise da competitividade da empresa em relação a sua capacidade e

às Partes Por Milhão de itens defeituosos (PPM), que também pode ser chamado de Defeitos por Milhão de Oportunidades (DPMO), ao longo do tempo.

2.1 Fases da metodologia Seis Sigma

Conforme Britto (2016), a metodologia que deve orientar o programa Seis Sigma é inspirada no Ciclo PDCA, chamada de DMAIC, que é um acrônimo para *Define* (definir), *Measure* (medir), *Analyse* (analisar), *Improve* (melhorar) e *Control* (controlar).

A primeira fase do Seis Sigma, na visão de Carpinetti (2016), define o projeto Seis Sigma, apresenta o objeto de estudo e o problema. Segundo Rodrigues (2016), as ferramentas e ações dessa fase são fluxograma, mapa do processo, lista de verificação, indicadores de Desempenho, fator crítico do processo (critical to quality – CTQ), desdobramento da função qualidade (QFD) e análise de Valor (AV).

Na segunda fase, *Measure* (Medir), Carpinetti (2016) informa que ocorre a coleta dados para auxiliar a investigação das características específicas do problema. Para seu desenvolvimento, Rodrigues (2016) informa as principais ferramentas e ações utilizadas são: histograma, gráfico de controle, capacidade do processo Cp e Cpk, diagrama de pareto e gráfico box -plot.

A fase *Analyse* (Analisar), Carpinetti (2016) relata que ocorre a identificação das causas fundamentais do problema, por meio dos dados coletados na fase anterior. Esse autor acrescenta ainda que após a análises e conclusões dos dados, novas coletas de dados podem ser necessárias. Essa fase, para Rodrigues (2016), pode ser realizada com a utilização de diagrama de causa e efeito, matriz de prioridade, análise de modos de falhas e efeitos (FMEA), análise de dispersão, análise de variância (ANOVA) e planejamento de experimento (PLANEX).

A penúltima fase é *Improve* (Melhorar), que conforme Carpinetti (2016), deve-se planejar e executar a ação de melhoria. Carpinetti (2016) ainda esclarece que nesta fase pode requerer experimentos para validar as melhorias propostas. Rodrigues (2016) acrescenta que as para o desenvolvimento dessa fase pode-se utilizar o programa 5S, *benchmarking*, reengenharia, just in time (JIT), estratégias corporativas: como conceber, estrutura organizacional: como realinhar, colaboradores: como buscar o comprometimento, clientes: como aumentar sua satisfação e fornecedor: como transformar em um parceiro.

A última fase da metodologia Seis Sigma, segundo Carpinetti (2016), é o *Control* (Controle), que rever procedimentos para fazer novos controles sobre o processo, como instruções de trabalho, registros e outros meios. Rodrigues (2016) ressalta que para essa fase pode ser necessário a aplicação do *kaizen*, *poka-yoke*, sistema de manutenção, sistema de medição.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

Esta pesquisa é um estudo de caso, desenvolvido com a utilização da metodologia Seis Sigma. Esse estudo tem características bibliográficas, exploratória, explicativa e de pesquisa aplicada e foi desenvolvido no período de junho/2019 a dezembro/2019.

O estudo de caso foi realizado em uma empresa do ramo siderurgico.

Observou-se que no ano de 2018, o setor da laminação da empresa gerou 622 toneladas de sucatas devido, somente, ao defeito DLE, representando um total de 0,18% de todo o material empregado.

Os dados deste estudo foram coletados e analisados por instrumento das técnicas qualitativas e quantitativas. A coleta de dados se deu por meio de um levantamento das perdas ocorridas no processo da laminação, que apresenta a quantidade e os motivos de sucateamento dos produtos.

4. APRESENTAÇÃO DOS DADOS E RESULTADOS

Na empresa estudada, a laminação possui capacidade produtiva de 600.000 toneladas de produtos acabados.

O controle de qualidade é realizado em tempo real na saída dos laminadores e é também realizado por amostragem nos leitos. Ao final do processo, todos os produtos acabados são inspecionados, para garantir que todas as características exigidas pelo cliente foram atendidas.

4.1 Projeto seis sigma para redução do defeito DLE

A partir das informações coletadas no banco de dados da empresa, foi desenvolvido o Gráfico apresentado na Figura 1, que apresenta os diversos defeitos que ocorreram durante o ano de 2018.

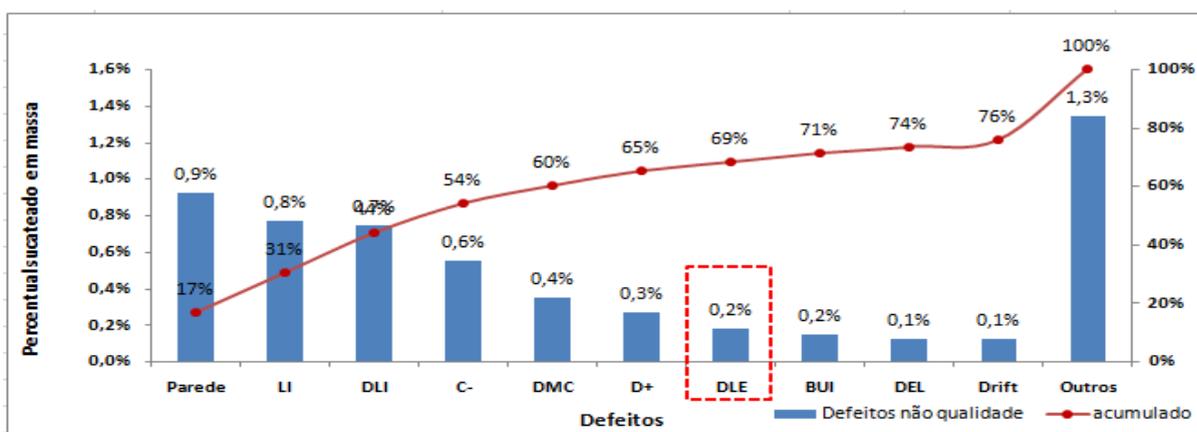


Figura 1 – Gráfico defeitos de qualidade dos produtos do setor de laminação

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

O defeito DLE representa o sétimo maior motivo de sucata na empresa, obteve um percentual de 4,8% referente a todos os defeitos. O defeito DLE indicado no Gráfico da Figura 1 foi o escolhido para realização deste estudo, pois além do seu elevado percentual de perdas, este defeito não havia sido trabalhado por nenhum grupo de melhoria.

4.1.1 Primeira etapa: Definir

Nesta fase, foram analisados os principais defeitos ocorridos na laminação durante o ano de 2018 e elaborado o gráfico de Pareto apresentado na Figura 2.

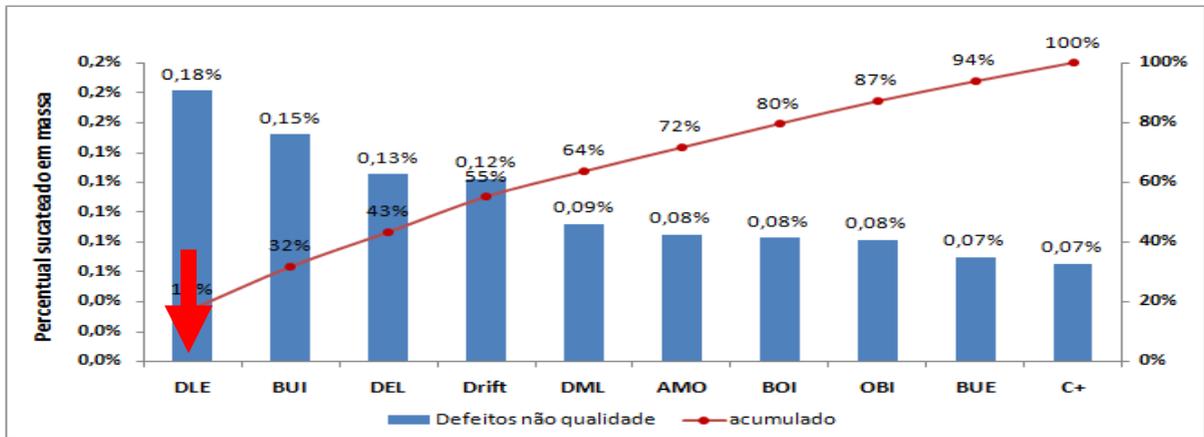


Figura 2 – Gráfico Defeitos de Não Qualidade

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

No Gráfico da Figura 2, pode-se avaliar que o principal defeito é DLE com 17% do total de defeitos ocorridos na laminação. Nesse gráfico, consta todos os defeitos que não tem um grupo de trabalho dedicado. Neste contexto, se faz necessário a realização de um projeto Seis Sigma para minimizar as perdas, identificar as causas raízes e elaborar um plano de ação para evitar esse defeito.

Para avaliação da variação do defeito DLE, foi elaborado um gráfico de barras, conforme Figura 3, contendo o percentual mensal de perdas, este percentual é o KPI técnico deste projeto, que é calculado dividindo o total de toneladas de sucata por DLE na laminação por total de toneladas empregada na laminação.

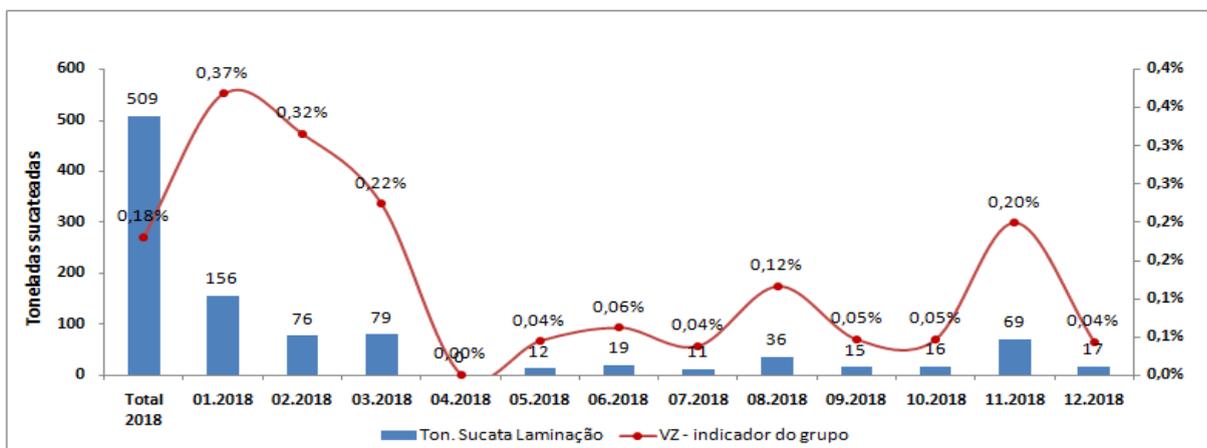


Figura 3 – Gráfico Dados Históricos de DLE

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Conforme pode-se observar no Gráfico da Figura 3, no mês de Abril de 2018 não ocorreu defeito de DLE, pois a produção estava parada para manutenção. Porém, nos outros meses, identifica-se grandes variações no percentual de perdas por DLE.

As atividades de investigação iniciaram com um *Brainstorming* com a equipe multidisciplinar, que teve a participação de representantes das áreas de produção, processo e manutenção. *Obrainstorming* levantou as variáveis do processo que poderiam direta ou indiretamente contribuir com a geração do defeito DLE, essas variáveis foram denominadas de “Xs”. Os resultados desse *Brainstorming* podem ser observados na Tabela 1.

Variáveis X	Descrição
X1	Temperatura
X2	Heterogeneidade
X3	Tempo no Forno
X4	Produto Colado
X5	Pinça (Desenformar gerando marca mecânica)
X6	Desgaste dos discos do laminador
X7	Ajuste de A0
X8	Velocidade dos discos
X9	Montagem das guias (direita e esquerda)
X10	Desgaste do Kanone

Tabela 1 – Variáveis levantadas no Brainstorming

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Na Tabela 1, constam as variáveis levantadas durante o *Brainstorming*, cada variável foi identificada com um “X”.

Após a identificação das variáveis do processo, foi definida a meta do projeto, que ocorreu por meio da análise dos quartis, conforme pode ser observado no Gráfico da Figura 4.

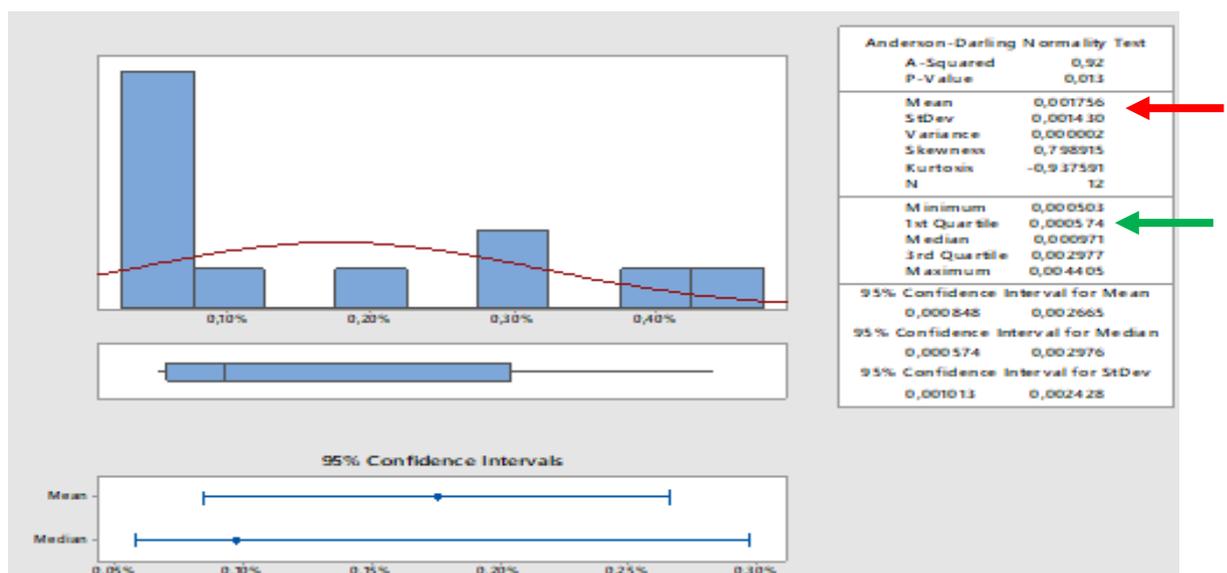


Figura 4 – Gráfico Perdas por Não Qualidade

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

No Gráfico da figura 4, observa-se na seta indicada com a cor vermelha que a média dos valores de perdas mensais foi 0,18% e o primeiro quartil ficou em 0,06%, indicado com a seta verde. O primeiro quartil mostra que em 25% dos casos (valores mensais de perdas), a base histórica esteve abaixo do valor indicado no gráfico e com isso, o processo é capaz de trabalhar nesta média. Definindo assim, a meta como sendo o primeiro quartil, em 0,06%.

4.1.2 Segunda etapa: Medir

Após a etapa Definir, foram definidas pela equipe durante a segunda reunião do projeto quais as variáveis de maior relevância e impacto a serem analisadas. Essa definição ocorreu por meio de uma matriz de esforço x impacto, conforme pode ser observada na Figura 5.



Figura 5 – Matriz de Esforço x Impacto

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Na Figura 5, pode-se avaliar que as causas X2, X6 e X7 são as que mais impactam para ocorrência do defeito DLE e são as que têm menor esforço para serem trabalhadas pelo grupo.

Ainda na etapa Medir, foi avaliado se o processo é estável (sem causas especiais). Para acompanhamento e controle, foi elaborado o gráfico de cartas apresentado na Figura 6.

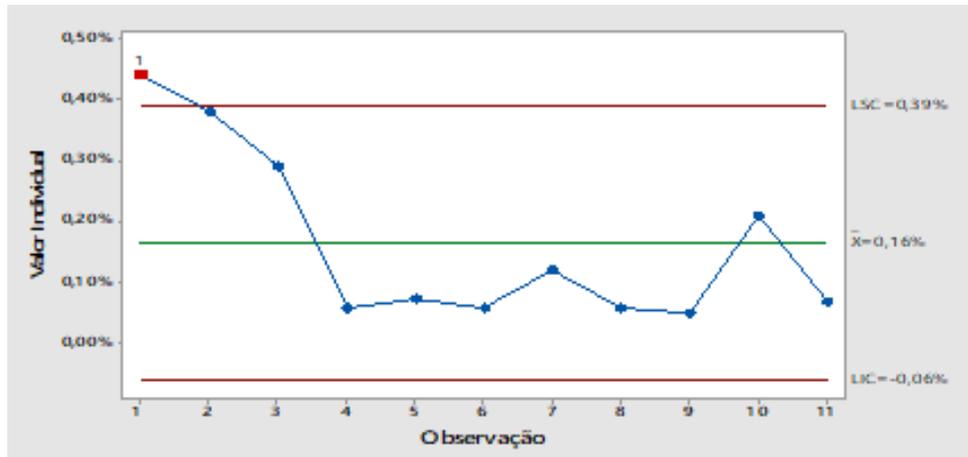


Figura 6 – Gráfico carta de controle de indicação de DLE

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Observa-se no gráfico 6, que houve pontos acima do limite superior, com isso o processo é classificado como instável. Em sequência, foi realizada a avaliação do processo por meio de distribuição normal dos dados, onde foi elaborado o gráfico de probabilidade, que pode ser verificado na Figura 7.

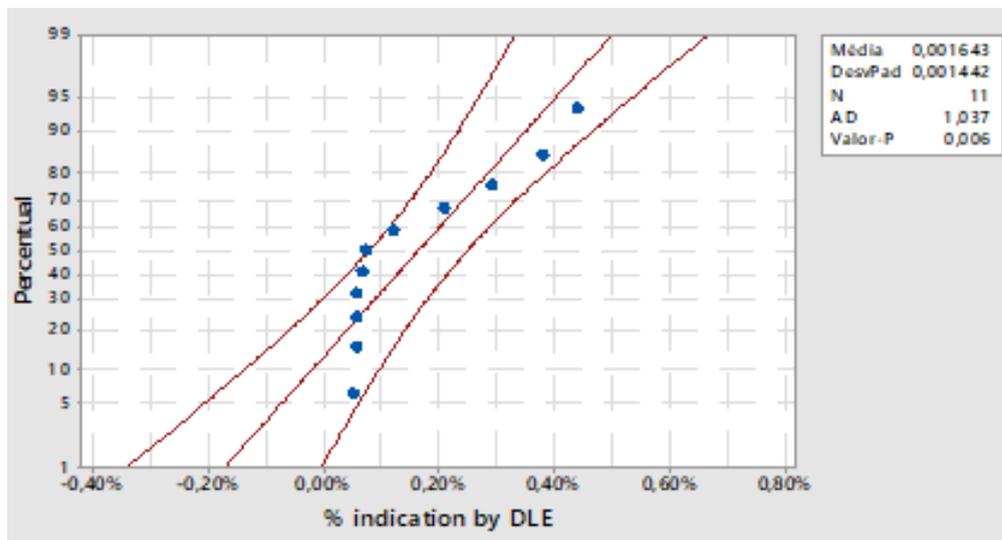


Figura 7 – Gráfico: Probabilidade de Indicação de DLE

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

No Gráfico da Figura 7, observa-se que o Valor – P, dentro da caixa tracejada, está abaixo de 0,05, que indica que os dados do processo não são normalmente distribuídos.

Outro cálculo realizado no processo foi o nível Sigma, que utiliza o cálculo de Defeitos por Milhão de Oportunidades (DPMO) e depois convertido em Sigma. Os valores podem ser observados na Tabela 2.

Enter number of defect opportunities per unit	1
Enter number of units processed	181340
Enter number of defects observed	1740
DPMO	9595
Yield	99,04%
Process Sigma (Short term)	3,84
	CPK
	1,28

Tabela 2 – Cálculo de Processo Sigma

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

O nível Sigma apresentado na Tabela 2 é de 3,84 e o rendimento está em 99,04%. Após a implementação de todas as ações, foi verificado o novo valor do processo Sigma e seu rendimento.

4.1.3 Terceira etapa: Analisar

Na etapa Analisar, foi avaliado por meio de análise de dados estatísticos as causas raízes definidas pela equipe multidisciplinar. Primeiramente, foi analisado utilizando o teste de hipóteses as variáveis X e Y, conforme demonstrado na Tabela 3.

		X é discrto com...		Hipótese Nula	
		Duas Categorias	Duas ou mais Categorias		
Y é...	Comparando				
	Médias	Teste t para 2 amostra	ANOVA	$\mu = \mu$	
		Teste t pareado			
	Desvio Padrão	Teste para desvios iguais		$\sigma = \sigma$	
	Contínuo	Medianas	Teste do sinal para 1 amostra	Teste de mediana de Mood	$\eta = \eta$
			Teste de Wilcoxon para 1 amostra		
Teste de Mann-Whitney			Teste de Kruskai-Wallis		
Discreto	Proporções	Teste para 2 proporções	Teste Qui-Quadrado	$P = P$	

Tabela 3 – Principais Ferramentas de Análise de Dados Estatísticos

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

4.1.3.1 Heterogeneidade

Para verificar se a heterogeneidade do produto durante o processo de aquecimento no forno pode influenciar na geração do defeito DLE, foi realizado um teste de hipóteses para comparar amostras e para avaliar a sua influência. O teste pode ser verificado na figura 8.

Amostra	X	N	Amostra p
1	27	7965	0,003390
2	7	812	0,008621

Diferença = p (1) - p (2)
 Estimativa para a diferença: -0,00523086
 IC de 95% para a diferença: (-0,0117163; 0,00125459)
 Teste para a diferença = 0 (versus ≠ 0): Z = -1,58 Valor-p = 0,114
 Teste exato de Fisher: Valor-p = 0,033

Figura 8 – Teste e IC para duas proporções

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Observou-se na Figura 8 que para a heterogeneidade, o eixo X contém dados discretos e o eixo Y contém dados discretos com duas categorias, o teste selecionado foi: 2- teste de proporções. A par disso, foram comparadas duas situações diferentes: A primeira situação foi a campanha de um material “X” onde houve muitas indicações do defeito DLE, e a segunda situação foi a campanha de um material “X” onde ocorreu uma boa produção, sem perdas por DLE e usando o limite de heterogeneidade previamente decidido.

Ao avaliar valor-P, observa-se que ele ficou abaixo de 0,05, o que significa o X2 (Heterogeneidade) tem influência na geração do defeito DLE.

4.1.3.2 Desgastes dos discos do laminador

Como a caracterização do defeito DLE é uma descontinuidade na superfície externa do produto com uma orientação helicoidal, a morfologia deste defeito pode ser associada a somente um laminador dentro do processo desta siderúrgica, pois seu processo de laminação é realizado com o bloco em rotação, conforme Figura 9.



Figura 9 – Imagem da Perfuração da Peça no Laminador

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Com isso, a geração do defeito DLE está associada ao desgaste dos discos do laminador, pois o disco entra em contato com a peça durante o processo de laminação, sendo então o único laminador capaz de gerar defeitos por DLE, conforme Figura 9.



Figura 10 – Imagem de desgaste do disco do laminador

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Para avaliar a influência dos discos do laminador na geração de DLE, foram comparadas duas campanhas de produções distintas com o mesmo material. Os dados destas campanhas no eixo X eram discretos e no eixo Y eram dados discretos com duas categorias, o teste selecionado foi: 2- teste de proporções, conforme Figura 11.

```

Evento = ok

Variável          X      N  Amostra p
Process before change di  190  211  0,900474
Process after change dis 1584 1587  0,998110

Diferença = p (Process before change disc 2) - p (Process after change disc 2)
Estimativa para a diferença: -0,0976357
IC de 95% para a diferença: (-0,138086; -0,0571858)
Teste para a diferença = 0 (versus ≠ 0): Z = -4,73 Valor-p = 0,000

* NOTA * A aproximação normal pode estar incorreta para amostras pequenas.

Teste exato de Fisher: Valor-p = 0,000

```

Figura 11 – Teste e IC para duas proporções

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Observa-se na Figura 11, que o valor-P é inferior a 0,05, que indica que o X6 (Desgastes dos discos do laminador) tem influência na geração de defeitos por DLE.

4.1.3.3 Ajustes do laminador (A0)

Com os resultados em mãos, foi observado que o ajuste dos discos do laminador, denominado como A0, estava muito fechado, distante do alvo previamente definido pela operação. Com isso, pode-se afirmar o ajuste do A0 foi um potencial causa raiz de ocorrência de bloqueios provenientes de DLE.

Para validar estatisticamente se o ajuste tem influência na geração de DLE, foi utilizado o teste de 2-proporções, que pode ser observado no Gráfico da Figura 12.

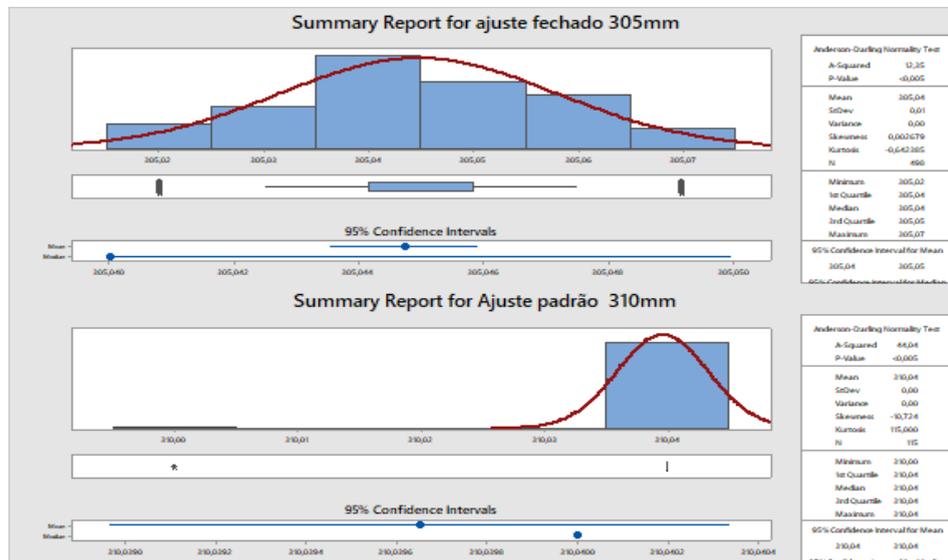


Figura 12 – Gráficos: A0 Fechado e A0 Padrão.

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

O teste foi realizado avaliando duas campanhas distintas: a primeira campanha foi utilizando o ajuste de A0 muito fechado (305 mm); e a segunda foi utilizado o ajuste do A0 dentro do padrão (310 mm) previamente analisado, conforme Figura 13.

```

Sample    X    N    Sample p
1         0    115  0,000000
2        366  498  0,734940

Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference:  -0,734940
95% CI for difference:  (-0,773704; -0,696175)
Test for difference = 0 (vs ≠ 0):  Z = -37,16  P-Value = 0,000

* NOTE * The normal approximation may be inaccurate for small samples.

Fisher's exact test: P-Value = 0,000

```

Figura 13 – Teste e IC para duas proporções

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Verifica-se na figura 13, que o valor-P ficou abaixo de 0,05. Resultado que indica X7 (Ajuste do laminador) tem influência na geração de defeitos por DLE.

4.1.4 Quarta etapa: Melhorar

Durante a terceira fase do projeto, etapa Analisar, foram identificadas e confirmadas as três causas raízes das gerações do defeito DLE. Em seguida, a equipe multidisciplinar desenvolveu ação para cada causa raiz. Essas ações podem ser verificadas no Tabela 4.

ID da Ação	Local	Descrição
PA1	Forno	Identificar os limites de heterogeneidade do produto e padronizar.
PA2	Laminador	Criar plano de inspeção para os discos do laminador e treinar operadores.
PA3	Laminador	Padronizar as configurações de ajuste do laminador (A0).

Tabela 3 – Ações para Causas Raízes

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Conforme apresentado na Tabela 3, foi definido como ID de ação para PA1: identificar o limite ideal para heterogeneidade e padronizá-lo; PA2: criar um plano de inspeção para os discos do laminador, e se caso fosse encontrado divergências na estrutura do disco o mesmo fosse esmerilhado ou trocado; e PA3: padronizar o ajuste A0 dos discos do laminador.

Durante o projeto, foram verificadas algumas ações auxiliares que melhorariam o processo, bem como o bom funcionamento dos discos do laminador. Essas ações auxiliares podem ser verificadas na Tabela 4.

ID da Ação	Local	Descrição
AA1	Laminador	Mudança do sistema de resfriamento do laminador
AA2	Atualização de padrão operacional nos sistemas	Atualizar os padrões operacionais nos sistemas internos com as soluções implementadas.
AA3	Treinamento de equipe	Treinar a equipe de operação nas revisões realizadas nos procedimentos operacionais.

Tabela 4 – Ações auxiliares

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Por meio da Tabela 4, observa-se que o ID da ação para AA1 é melhoria do sistema de refrigeração do laminador; AA2 é a atualização dos procedimentos operacionais com as soluções e ações encontradas; e AA3 é treinar a equipe de operação quanto às atualizações dos procedimentos operacionais.

Como plano de implantação das melhorias, foi criado um fluxo, conforme pode ser verificado na Figura 14. Esse fluxo tem como objetivo envolver a equipe de operação de forma a garantir a implantação dos padrões estabelecidos e alcançar a sustentabilidade dos resultados.



Figura 14 – Fluxograma de implantação

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Para validar as ações implementadas, foi realizado um teste piloto, que seguiu as etapas:

- A equipe de manutenção, operação e processo se reuniu para definir a melhor forma de execução do lote piloto;
- Durante o teste piloto, foi produzido um material “X” com características críticas e mais prováveis de gerar defeitos do tipo DLE, porém, foi utilizado o novo procedimento de limite de heterogeneidade e o novo procedimento do plano de inspeção dos discos do laminador.

Durante a campanha, foram produzidos 224 peças e os resultados de indicações, bloqueios ou perdas foram muito satisfatórios, isto é não houve nenhuma geração de DLE.

4.1.4 Quinta etapa: Controlar

Foi realizado o acompanhamento do processo durante os três meses, fase “controlar”. Nesse período, identificou-se que o percentual de sucata por DLE ficou dentro da meta estabelecida pelo grupo, que confirma ganhos de produtividade e financeiros. O Gráfico da Figura 15 ilustra os resultados alcançados no processo.

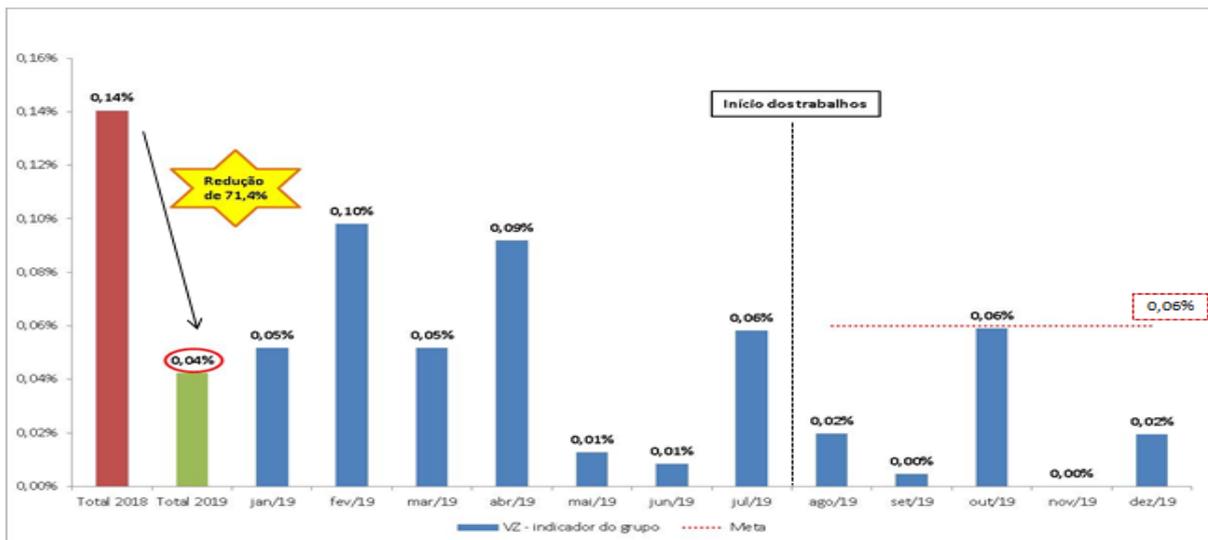


Figura 15– Gráfico de acompanhamento de indicador do projeto

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Ao comparar a média do acompanhamento de 2019 com a linha base que foi 2018, identifica-se uma redução de 71,4% no índice de perdas por DLE. Os valores passaram de 0,14% de média total em 2018 para 0,04% de média em 2019. Em seguida, o cálculo de processo sigma foi realizado, os resultados podem ser observados na Tabela 5.

Enter number of defect opportunities per unit	1
Enter number of units processed	193978
Enter number of defects observed	688
DPMO	3547
Yield	99,65%
Process Sigma (Short term)	4,19
	CPK
	1,28

Tabela 5 – Cálculo de Processo Sigma após Ações Implantadas

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Na atual fase, observa-se que o nível Sigma aumentou para 4,19 e o rendimento foi para 99,65%. Isso confirma a melhoria do processo após as implementações.

A redução das perdas pelo defeito DLE trouxe um ganho financeiro de R\$ 477.000,00 para a empresa. Tornando o projeto um dos principais e mais importantes do ano de 2019 dentro da empresa.

CONCLUSÃO

O presente estudo teve o intuito de analisar o processo produtivo da laminação e diagnosticar uma alternativa para reduzir as perdas pelo defeito DLE. Com a utilização da metodologia Seis Sigma, foi possível reduzir o índice de perdas e obter um ganho financeiro de R\$ 477.000,00. Valor significativo, que representa um percentual expressivo frente ao custo total da área referente a perdas por não qualidade.

Dentre os resultados indiretos alcançados, destacam-se o maior envolvimento dos colaboradores quanto ao cumprimento dos padrões bem como maior interesse nos assuntos relacionados à qualidade dos produtos acabados, reforçando mais uma vez a importância da participação do chão de fábrica na aplicação das ferramentas de melhoria.

Outro ponto de resultado positivo foi uma maior fluidez do processo produtivo, pois se recupera menos produtos em linha, tornando o processo mais rápido e seguro para os operadores.

Foi possível concluir que a qualidade tem a capacidade de tornar as empresas mais competitivas, com o aumento do valor agregado de seus produtos conciliado à redução dos custos de fabricação, tornando-as concorrentes mais fortes no mercado nacional e internacional.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, L. A. et al., *Metodologia DMAIC aplicada à solução de problemas em uma planta petroquímica*. 2015. Publicado: Revista Espacios. Vol. 36. Nº 14.
- BEHNAM, Bahmankhah, ALVELOS, Helena. *Exploring the Potential of Quality Tools in Tire Retreading Industry: a Case Study*. 2011 publicado no International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST).
- BRASSARD, M. *Qualidade: ferramentas para uma melhoria contínua*. Rio de Janeiro: Qualitymark. 2004.

- CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. *Gestão da qualidade: conceitos e técnicas*. 3. ed. – São Paulo: Atlas, 2016.
- FALCONI, Vicente Campos. *TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)*. Belo Horizonte, MG: Fundação Cristiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1992.
- HIRAYAMA, R. E. *Otimização do Planejamento de Processos de Montagem Final da Indústria Automotiva*. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, 2005.
- ISHIKAWA, Karou. *TQC Total Quality Control – Estratégia a administração da qualidade*. São Paulo: Imec, 1986.
- MIRANDA, Roberto Lira. *Qualidade total: rompendo as barreiras entre a teoria e a prática*. 2 ed. São Paulo: Makron Books, 1994.
- RODRIGUES, Marcus Vinícius. *Entendendo, aprendendo e desenvolvendo sistemas de qualidade Seis Sigma*. [3ed.] – Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.
- WERKEMA, Cristina. *Criando a Cultura Seis Sigma*. Rio de Janeiro: Qualitymark, p.13-45, 2002.