



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas
Colegiado do Curso de Engenharia de Produção



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**ESTUDO DA EFICIÊNCIA DO MÉTODO DE ANÁLISE DE
ANOMALIAS ATRAVÉS DO ÍNDICE DE QUALIDADE DO
PROCESSO DE LAMINAÇÃO**

ARTUR CASALI COELHO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

JOÃO MONLEVADE

Fevereiro, 2016

ARTUR CASALI COELHO

**ESTUDO DA EFICIÊNCIA DO MÉTODO DE ANÁLISE DE
ANOMALIAS ATRAVÉS DO ÍNDICE DE QUALIDADE DO
PROCESSO DE LAMINAÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção do Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientação: Prof. MSc. Rafael Lucas Machado Pinto

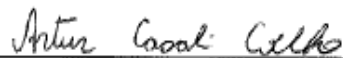
JOÃO MONLEVADE

Fevereiro, 2016

TERMO DE RESPONSABILIDADE

O texto do trabalho de conclusão de curso intitulado “ESTUDO DA EFICIÊNCIA DO MÉTODO DE ANÁLISE DE ANOMALIAS ATRAVÉS DO ÍNDICE DE QUALIDADE DO PROCESSO DE LAMINAÇÃO” é de minha inteira responsabilidade. Declaro que não há utilização indevida de texto, material fotográfico ou qualquer outro material pertencente a terceiros sem o devido referenciamento ou consentimento dos referidos autores.

João Monlevade, 18 de fevereiro de 2016.



Artur Casali Coelho



ANEXO VIII – ATA DE DEFESA

Aos 02 dias do mês de Março de 2016, às 18 horas, na sala A302 deste instituto, foi realizada a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso pelo (a) aluno (a)

Artur Cozeli Coelho

sendo a comissão examinadora constituída pelos professores:

Rafael Lucas Machado Pinto, Rita de Cássia Oliveira,
Eliângela Feitima de Oliveira

O (a) aluno (a) apresentou o trabalho intitulado:

Análise da Eficiência do Método de Mulinz de
Memórias através do índice de qualidade do
plano de laminação.

A comissão examinadora deliberou, pela:

() Aprovação

Aprovação com Ressalva - Prazo concedido para as correções: 15 dias

() Reprovação com Ressalva - Prazo para marcação da nova banca: _____

() Reprovação

do(a) aluno (a), com a nota 9,0. Na forma regulamentar e seguindo as determinações da resolução COEP12/2015 foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da comissão examinadora e pelo (a) aluno(a).

João Monlevade, 02 de Março de 2016.

Rafael Lucas Machado Pinto

Orientador

Eliângela F. Oliveira

Convidado(a)

Rita de Cássia Oliveira

Convidado(a)

Artur Cozeli Coelho

Aluno (a)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus pelo dom da sabedoria pois, a partir dela e dos ensinamentos do Senhor, tenho a oportunidade de concluir o curso de Engenharia de Produção, além de ter obtido diversas outras conquistas ao longo dos últimos anos.

Agradeço à minha família que não mediu esforços para o alcance deste objetivo, tomando-o como prioridade em suas vidas e convivendo, em alguns momentos, com a ausência. Digo-lhes, pai e mãe muito obrigado, vocês fazem parte desta vitória. À minha irmã agradeço todo apoio, compreensão e carinho.

À ArcelorMittal Monlevade agradeço a oportunidade de um grande crescimento profissional e pessoal. Em especial, agradeço ao Hermes Souza por toda atenção e conhecimento transmitido.

Aos mestres da Universidade Federal de Ouro Preto e da Università de Modena e Reggio Emilia, pelos conhecimentos adquiridos ao longo da trajetória da graduação. Especialmente ao Prof. MSc. Rafael Lucas Machado Pinto pela paciência, dedicação, conhecimentos e disponibilidade durante a realização deste trabalho.

A todos os amigos presentes nesta caminhada, alguns passaram, outros se mantiveram, mas todos contribuíram para o meu crescimento.

Muito obrigado a todos.

Lista de Figuras

Figura 1 - Processo de Laminação	18
Figura 2 – Ovalização	19
Figura 3 – Rebarba	20
Figura 4 – Canal quebrado	20
Figura 5 – Incrustação	20
Figura 6 Dobra	21
Figura 7 - Trinca	21
Figura 8 – Palha Fina	21
Figura 9 – Palha Grosseira	22
Figura 10 – Formação de Rolos	22
Figura 11 – Risco	23
Figura 12 – Teste t bilateral	25
Figura 13 – Teste t unilateral à direita	26
Figura 14 – Teste t unilateral à esquerda	26
Figura 15 – Diagrama de Causa e Efeito	32
Figura 16 Usina Integrada	36
Figura 17 - Usina de João Monlevade	37
Figura 18 - Layout do Laminador 2	38
Figura 19 – Diagrama de Causa e Efeito Ineficiência das Análises de Anomalias	47

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Interpretação Cp	30
Tabela 2 - Plano de Ação	49

Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Exemplo Gráfico de Pareto	27
Gráfico 2 – Distribuição t.....	43
Gráfico 3 - Diagrama de Pareto Causas dos Defeitos	44
Gráfico 4 – Proporção de não conformes	45
Gráfico 5 - Análise de Capacidade	46

Sumário

1.Introdução	13
1.1 Pergunta Problema	14
1.2 - Justificativa	14
1.3 – Objetivos.....	15
1.3.1 - Objetivo Específicos.....	15
1.4 - Estrutura do Trabalho.....	16
2 - Revisão Bibliográfica	17
2.1- Qualidade.....	17
2.2 – Laminação	17
2.3 - Defeitos em produtos laminados	19
2.4 - Análise de anomalias.....	23
2.5 - Teste de Significância t	24
2.6 - Ferramentas da Qualidade.....	27
2.6.1 - Pareto	27
2.6.2 - Gráficos de controle	28
2.6.2.1 - Gráfico de controle para atributos	28
2.6.2.1.1 - Gráfico de controle para a proporção de não conformes	29
2.6.3 - Análise de Capacidade do Processo.....	29
2.6.4 - Diagrama Causa Efeito	31
2.6.5 - 5W2H.....	32
2.6.6 - Plano de Ação.....	33
3 - Metodologia de Pesquisa.....	34
4 - Estudo de Caso	36

4.1 – Empresa	36
4.2 - Laminador 2	37
4.3 - Índice de Má Qualidade	39
4.4 - Análises de Anomalias	40
4.5 – Contexto	41
4.6 -Teste de Hipótese	42
4.7 - Identificação das anomalias mais frequentes	43
4.8 - Gráfico de controle.....	45
4.9 – Análise de capacidade	45
5 - Identificação das causas e Sugestões de Melhoria	47
5.1 - Identificação das causas	47
5.2 - Plano de Ação	48
6 - Considerações Finais	51
7- Anexo I	53
8 – Referências Bibliográficas	55

Resumo

Uma estratégia utilizada em empresas para que as mesmas se mantenham competitivas é a redução de desperdícios. No setor siderúrgico, um desses recursos é a maximização da qualidade dos produtos. Para atingir um alto padrão de qualidade deve-se obter minimização das anomalias, não conformidades, que ocorrem durante o processo. Para alcançar tais objetivos, a utilização de ferramentas da qualidade e controle estatístico de processo é de suma importância. Afim de atender os padrões exigidos pelos clientes e diminuir o desperdício a ferramenta de relatório de análise de anomalia aparece para auxiliar na identificação das causas raízes das anomalias e no bloqueio das mesmas afim de evitar a reincidências das não conformidades. O presente trabalho realiza um estudo de caso em uma indústria siderúrgica sobre a eficiência dos métodos de análises de anomalia utilizada pela empresa, através de seu índice de qualidade. Utilizando-se ferramentas do Controle Estatístico da Qualidade, buscou-se realizar o levantamento da eficiência dos métodos de análises de anomalias através do índice de qualidade utilizado no processo de laminação. Buscou-se, também, identificar as causas da não eficiência dos métodos de análises de anomalias com o auxílio de ferramentas de Gestão da Qualidade propor melhorias para correção dos problemas. Os resultados obtidos no estudo apontam para não eficiência dos métodos de análises de anomalias adotadas pela empresa em estudo.

Palavras-chave: Laminação, Controle Estatístico da Qualidade, Análise de Anomalias.

Abstract

A strategy used in companies so that they remain competitive is to reduce waste. In the steel sector, one of these features is to maximize product quality. To achieve a high standard of quality should be obtained minimizing anomalies nonconformities that occur during the process. To achieve these objectives, the use of quality tools and statistical process control is of paramount importance. In order to meet the standards required by customers and reduce waste anomaly analysis reporting tool appears to help identify the root causes of malfunctions and lock the same in order to prevent the recurrence of nonconformities. This paper makes a case study of a steel industry on the efficiency of the methods of fault analysis used by the company, through its Quality Score. Using Quality of Statistical Control tools, we sought to survey the efficiency of analysis methods anomalies through quality index used in the rolling process. He sought also identify the causes of non-efficiency of the methods of analysis of anomalies with the help of quality management tools propose improvements to correct problems. The results of the study indicate no efficient methods of anomalies analysis adopted by the company under study.

Keywords: Lamination, Statistical Quality Control, Anomaly Analysis.

1 – Introdução

Afetadas pela alta variabilidade do mercado, rápidas mudanças de tecnologia e de valores, as empresas perseguem cada vez mais a excelência operacional. Com a redução de falhas, conseqüentemente, haverá ganho de tempo, produtividade e confiabilidade por parte de clientes.

Com esse ambiente de forte competitividade, as pressões internas e externas aumentaram no mesmo eixo. Os investimentos em práticas de gestões, associados à qualidade, tornaram-se indispensáveis para redução e prevenção de falhas, aumento da competitividade e geração de lucros (Takayama, 2008).

De acordo com FONSECA, CARVALHO e SILVA (2009), o setor siderúrgico encara uma grande concorrente, a China, que se tornou uma das maiores produtoras de aço no mundo e, por isso, chega a consumir toda a sua produção, não havendo a necessidade de comprar aço de outros países e outras companhias. Outro importante valor é o preço do aço chinês, subsidiado pelo governo, possui um baixo valor e é um fator importante para abaixar os preços globais.

Segundo o Instituto Aço Brasil (2016), atualmente, o Brasil exporta seu aço para mais de 100 países, possui um parque produtor de aço com 29 usinas e 122.136 colaboradores, capacidade instalada de 48 milhões de toneladas por ano de aço bruto, produção de aço bruto de 33,9 milhões de toneladas, produção de produto siderúrgicos de 31,9 milhões de toneladas, o que representa um saldo comercial de 2,7 bilhões de dólares. A partir destas informações, pode-se entender a importância deste setor para a economia brasileira.

Embora a competição por preço seja um forte fator para a decisão na hora da compra do aço, também se faz necessário avaliar a qualidade do aço e estabelecer relações entre o custo, baseado no preço do aço e na qualidade do material. A partir deste contexto, é extremamente importante a concepção dos parâmetros que asseguram a qualidade do aço laminado.

Mesmo realizando um sistema de Gestão da Qualidade, as organizações ainda estão suscetíveis a falhas no processo. De acordo com Campos (1997), essas falhas ou anomalias são não conformidades que ocorrem no processo, ou seja, tudo diferente do usual ou normal e afetam o processo produtivo. Como exemplos de anomalias, pode-se

citar defeitos em produtos, refugos, retrabalhos, quebras de equipamentos, reclamações de clientes, erros de previsão, paradas de produção, etc.

Na empresa em estudo, análises de anomalias são elaboradas quando verifica-se falhas durante o processo de laminação do aço. Essas falhas podem ser causadas por erros de operação, falhas em equipamentos, material fora de especificação, entre outros.

Portanto, análises de anomalias são de suma importância para organização, pois visam identificar e bloquear as causas fundamentais das anomalias, permitindo o reestabelecimento do processo de produção sem que haja a reincidência das anomalias, dessa forma, as perdas geradas pelas falhas podem ser evitadas, reduzindo custos.

1.1 – Formulação do Problema

Todo processo está sujeito a ocorrência de anomalias durante o desenvolvimento de suas atividades. Segundo Campos (1997) todo trabalho com ocorrência de anomalias não agrega valor para a empresa, só agrega custo. Assim, para se aumentar a produtividade, as anomalias têm que ser eliminadas (ou minimizadas).

Portanto, quando se tem a análise dessas anomalias, envolvendo-se todas as funções desde a operação, supervisão, assessoria e gerenciamento, pode-se agir removendo os sintomas, bloqueando as causas fundamentais, avaliando as abrangências e estabelecendo ações.

Quando as análises de anomalias são deficientes, se torna um problema para a organização, pois as disformidades geradas e a não identificação das mesmas geram perdas no processo, como por exemplo: perdas por espera, fabricação de produtos defeituosos, perdas no processamento, etc.

Dentro deste contexto, este estudo busca responder à seguinte pergunta: Os métodos para análise de anomalias para o processo de laminação adotados pela empresa siderúrgica estudada são eficientes para bloquear as reincidências destas anomalias?

1.2 - Justificativa

A globalização ocasionou um ambiente onde cada vez mais as fronteiras têm se expandido, gerando, assim, um cenário de alta competitividade entre organizações, influenciado pelo fácil acesso à informação, devido a meios de comunicações cada vez mais velozes. Diante do atual cenário de competitividade, cada vez mais as

organizações buscam meios de desenvolverem práticas de diferenciação a fim de sobreviverem a esta realidade (Takayama, 2008).

No mercado siderúrgico, é muito evidente o alto grau de competitividade e de exigência dos clientes. Dessa forma, a qualidade é um requisito com elevado nível de importância, uma vez que é considerada um fator de decisão para os clientes.

Como anomalias ocorridas no processo impactam diretamente na qualidade e nos custos para a empresa, já que causam perdas de produção, materiais, tempo, produtividade, retrabalhos, as análises possuem grande valor para o planejamento, manutenção e melhoria da qualidade e na diminuição dos custos.

Portanto, o trabalho justifica-se pela busca da verificação da eficiência das análises de anomalias de acordo com o indicador de qualidade adotado pela empresa. Dado que esta análise está diretamente relacionada com aspectos da qualidade do produto e do processo de laminação, buscar-se-á compreender como é feita a análise de anomalia na empresa em questão e identificar as possíveis causas da não eficiência do método utilizado.

1.3 - Objetivos

1.3.1 - Objetivo Geral

O objetivo do presente trabalho é investigar a eficiência do método das análises de anomalias no processo de laminação em uma indústria do setor siderúrgico e propor melhoria nos métodos de análises dos eventos.

1.3.2 - Objetivo Específicos

- ✓ Apresentar como são feitas as análises de anomalias em um laminador siderúrgico;
- ✓ Demonstrar quantitativamente a não eficiência do método de análises de anomalias através do índice de má qualidade do ano de 2014;
- ✓ Identificar as anomalias que mais frequentes no laminador 2 no período considerado;
- ✓ Utilizar Gráficos de Controle por Atributos e Análise de Capacidade para verificar se o processo está sob Controle Estatístico;
- ✓ Identificar qualitativamente as causas da ineficiência das análises;
- ✓ Fazer uma proposta de melhorias para o processo.

1.4 - Estrutura do Trabalho

O presente estudo está dividido em seis seções. Inicialmente, há uma introdução do assunto que será trabalhado, a justificativa para realização do trabalho e os objetivos para a realização do mesmo. Em um segundo momento é feita uma revisão bibliográfica no que tange aos assuntos referentes à realização do estudo de caso, laminação, métodos estatísticos, gestão e ferramentas da qualidade. A terceira seção trata da metodologia de pesquisa utilizada para a obtenção, coleta e análise de dados utilizados.

Na quarta seção será feita uma apresentação da empresa em que o estudo foi realizado, o processo produtivo da mesma, processo de laminação, e a evidenciação do problema encontrado. Após evidenciado o problema, propostas de melhorias baseadas em metodologias da gestão da qualidade, com o objetivo de melhoria dos problemas identificados, serão feitas. E, por fim, na sexta seção são apresentadas as conclusões relacionadas ao trabalho.

2 - Revisão Bibliográfica

2.1- Qualidade

De acordo com o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (2016), qualidade é o grau de atendimento (ou conformidade) de um produto, processo, serviço ou mesmo um profissional a requisitos mínimos estabelecidos por normas ou regulamentos técnicos, ao menor custo possível para a sociedade.

Segundo Falconi (1992), um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende às necessidades dos clientes exatamente de forma confiável, ou seja sem defeitos, de forma acessível, baixo custo, de forma segura, de forma que não afetará a segurança do cliente, e no tempo certo, ou seja, entrega no prazo, local e na quantidade correta.

Para Juran (1997), a qualidade é a ausência de deficiências, ou seja, quanto menos defeitos, melhor a qualidade. Atualmente as empresas buscam cada dia mais incorporar a qualidade ao seus produtos e serviços, sempre visando corresponder às expectativas dos clientes em mercados cada vez mais competitivos.

Paladini (1990) diz que o objetivo do controle de qualidade é buscar melhorias nos produtos, nos serviços, nas atividades, na visão do trabalho, na produtividade. E a melhoria está profundamente relacionada à obtenção de melhores níveis de qualidade.

Campos (1997) destaca os seguintes benefícios da qualidade: aumento da produtividade, melhora na qualidade do produto ou serviço, redução dos custos, perdas, prazos de entrega, gargalos de produção, menor número de reclamação dos clientes, otimização do tempo na realização das tarefas entre outros.

Para perseverar no mercado, as empresas devem atentar-se aos preceitos da qualidade, buscando a eliminação das imperfeições existentes no processo produtivo e satisfação dos clientes. Assim, a qualidade deve ser vista como uma cultura permanente envolvendo todos os colaboradores, da operação à administração.

2.2 - Laminação

Seguindo o que diz CODA (2006), laminação é um processo de conformação mecânica executado por compressão direta, sem retirada de material, visando obter

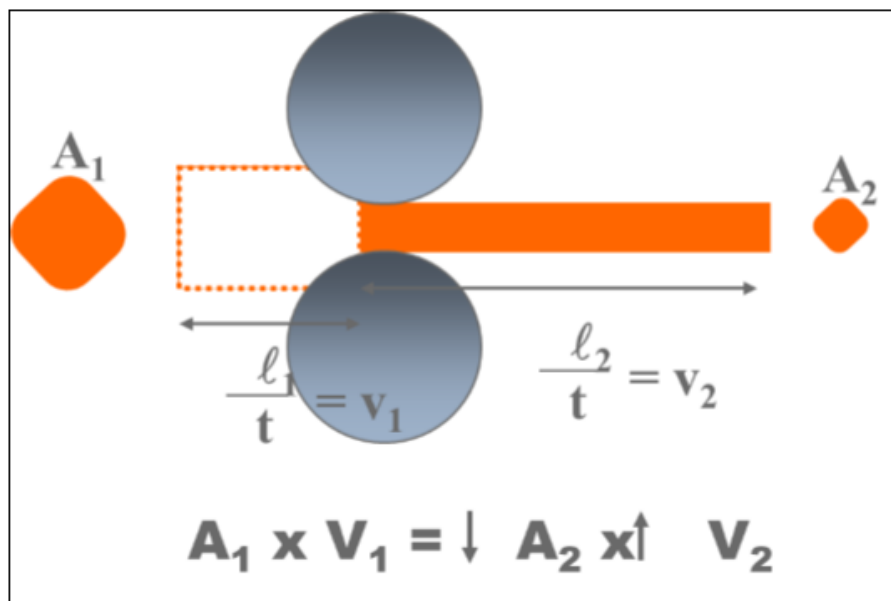
deformações plásticas no material conformado. Isto significa alteração permanente na forma e propriedade de um corpo sólido, mantida a sua massa (volume constante).

De acordo com WUSATOWSK (1969), a laminação é um processo de conformação no qual o material sofre esforços que proporcionam a sua deformação plástica. A deformação plástica de metais é um dos inúmeros processos de manufatura de produtos até a obtenção da forma e tamanho desejados, e consiste em aplicar forças compressivas em magnitude apropriada sobre o material a ser conformado.

Durante o processo de laminação, o material a ser conformado passa mais de uma vez entre os cilindros que giram em sentidos opostos. A cada passagem do material entre os cilindros, a sua espessura é reduzida e o seu comprimento é aumentado (VILELA, 2007).

Como pode-se observar na Figura 1, ao passar entre os cilindros o material se deforma diminuindo sua área A e aumentando o seu comprimento V .

Figura 1 - Processo de Laminação.



Fonte: Apostila de Laminação AMM (2013)

Segundo Coda (2006) deformar um material plasticamente, através da redução da sua área, significa também que ocorrerá uma alteração da sua estrutura cristalina, uma vez que reduzir área compreende em quebrar os grãos desta estrutura como decorrência da aplicação das forças de cisalhamento das ligações aplicadas no processo

de laminação, e que definirá o tamanho dos grãos. A qualidade do aço é definida pelo tamanho do grão, caracterizada pelas propriedades mecânicas. Assim, tem-se um aço de melhor qualidade quando a estrutura cristalina do material for mais refinada, definida pelo tamanho de grão, onde o mesmo se torna mais resistente. O tamanho dos grãos pode ser definido por temperaturas mais baixas, o número de passes no laminador, redução da área maior e a composição química do aço.

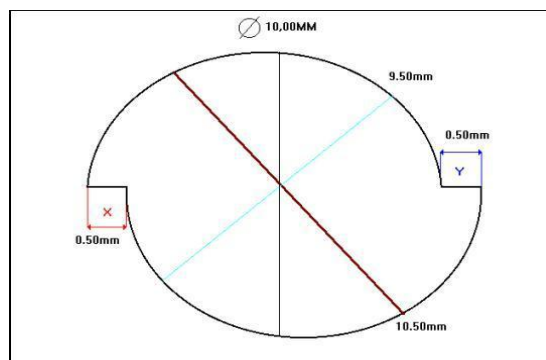
Dessa maneira, compreende-se que objetivo da laminação é dar forma, definir a microestrutura e as propriedades adequadas ao material de acordo com as características exigidas pelos clientes.

2.3 - Defeitos em produtos laminados

Checar dados e variáveis que influenciam o processo, a segmentação do aço, bitola, entre outros é de suma importância, pois a partir desses registros consegue-se a identificação de um defeito e a determinação de sua origem. De acordo com Reis (2008) os defeitos mais comumente encontrados no processo de laminação são:

- ✓ Descarbonetação (DC): É um defeito gerado pela perda superficial do carbono do aço em contato com o oxigênio da atmosfera de combustão.
- ✓ Ovalização (OV): é a diferença entre o maior e o menor diâmetro do fio máquina.

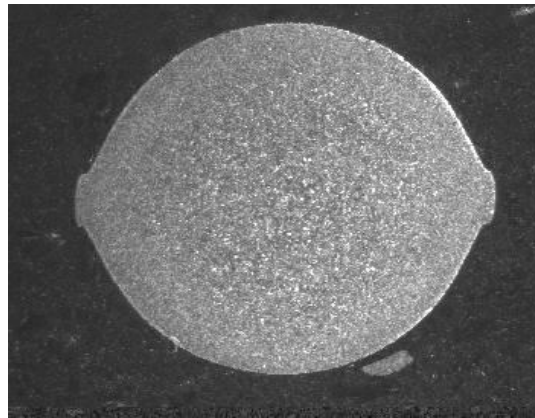
Figura 2 - Ovalização



.Fonte: Apostila de Laminação AMM (2013)

- ✓ Fora de tolerância (FT): É uma diferença entre altura e largura do fio-máquina.
- ✓ Rebarba (RB): São saliências de direção longitudinal provocada pela passagem de parte do fio-máquina através dos cordões dos cilindros;

Figura 3 - Rebarba



Fonte: Apostila de Laminação AMM (2013)

- ✓ Canal quebrado (CQ): É a quebra de discos de laminação nos canais de trabalho. Pode-se apresentar em alto ou baixo relevo.

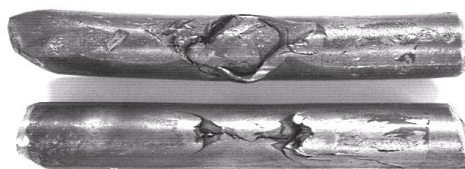
Figura 4 – Canal Quebrado



Fonte: Apostila de Laminação AMM (2013)

- ✓ Incrustação: Defeito gerado na laminação, devido incrustação no fio máquina de materiais soltos nas guias de laminação.

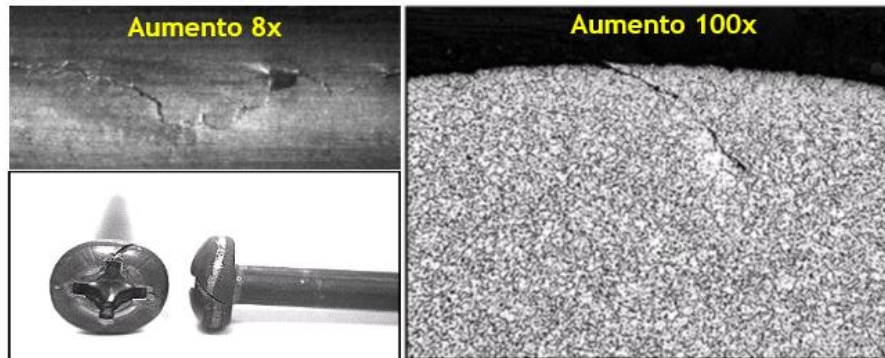
Figura 5 - Incrustação



Fonte: Apostila de Laminação AMM (2013)

- ✓ Dobra (DB): São descontinuidades que vão da superfície até o interior do fio-máquina, penetrando obliquamente e mantendo-se geralmente paralelas ao seu eixo longitudinal.

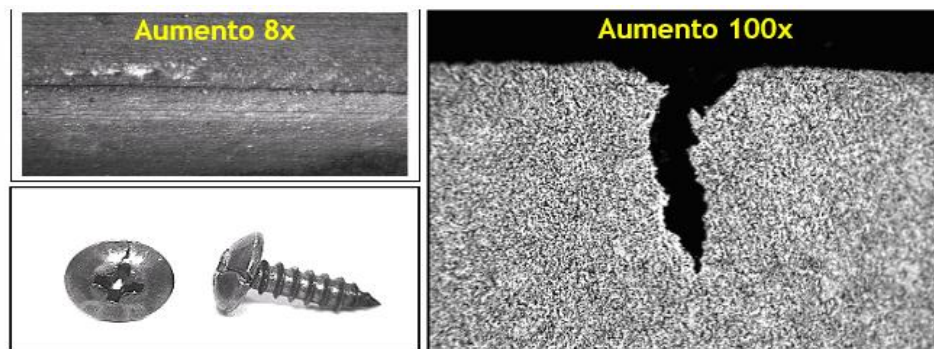
Figura 6 - Dobra



Fonte: Apostila de Laminação AMM (2013)

- ✓ Trinca: São descontinuidades, mais comumente retilíneas, partindo da superfície do fio-máquina e que penetram perpendicularmente ou oblíquas ao eixo longitudinal.

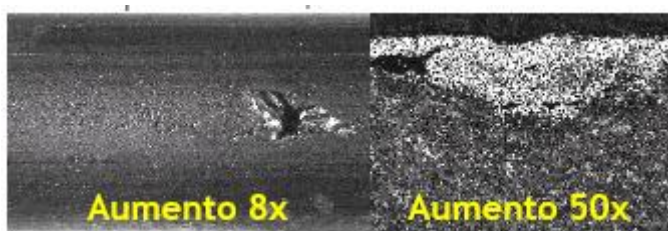
Figura 7 - Trinca



Fonte: Apostila de Laminação AMM (2013)

- ✓ Palha: São escamas relativamente finas tipo lascas, não totalmente aderidas na superfície do fio-máquina. A classificação da palha é feita de acordo com a sua gravidade:
 - ✓ Palha tipo PIC: São palhas com tamanho pequeno, distribuídas ao longo do fio máquina.

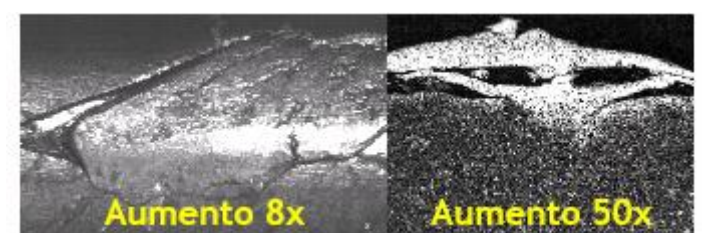
Figura 8 – Palha Fina



Fonte: Apostila de Laminação AMM (2013)

- ✓ Palha tipo P2: São palhas mais grosseiras.

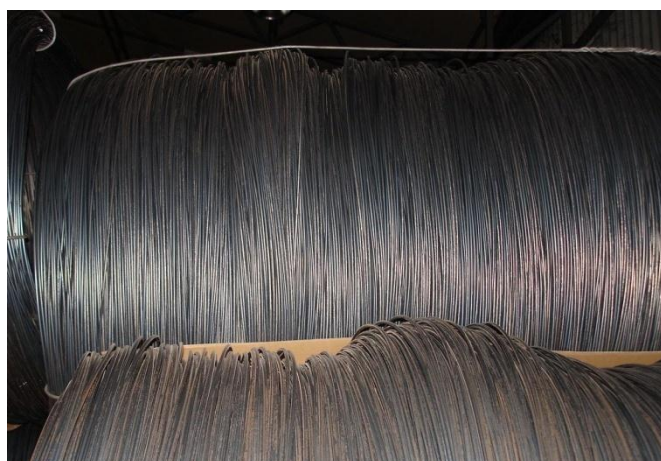
Figura 9 – Palha Grosseira



Fonte: Apostila de Laminação AMM (2013)

- ✓ Palha tipo P1A e P1B: Na realidade são dobras que apresentam características semelhante à palha. A palha tipo P1A é rendilhada, contínua e forte, enquanto a palha tipo P1B é rendilhada, contínua e leve.
- ✓ Formação de rolos (FL): É um defeito gerado por variações em muitas partes do laminador e que geram rolos com problemas de espiras salientes, corcovas, corda de violão, rolo bambo, dentre outros.

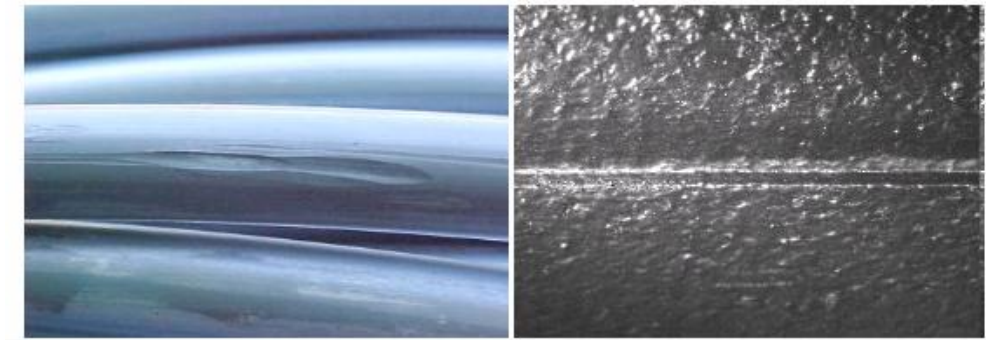
Figura 10 – Formação de Rolos



Fonte: Apostila de Laminação AMM (2013)

- ✓ Bolha (BO): São erupções que aparecem na superfície da carepa do fio-máquina, na parte não resfriada (cabeça e cauda). Em caso de falha do sistema de refrigeração, este defeito pode ocorrer ao longo de toda a bobina.
- ✓ Risco (RI): É um defeito de baixo relevo, podendo se apresentar como um canal contínuo ao longo do fio-máquina.

Figura 11 - Risco



Fonte: Apostila de Laminação AMM (2013)

- ✓ Crescimento de Grão: É um defeito que ocorre no fio-máquina que somente poder ser observado no microscópio após ataque químico (Nital).

2.4 - Análise de anomalias

Segundo Campos (1997), anomalias são não conformidades que ocorrem no processo, ou seja, tudo diferente do usual ou normal e afetam o processo produtivo. Como exemplos de anomalias pode-se citar defeitos em produtos, refugos, retrabalhos, quebras de equipamentos, reclamações de clientes, erros de previsão, paradas de produção, etc.

Para Campos (1997), a ocorrência de anomalias não gera valor para a empresa, só agrega custo. Desta forma as anomalias têm que ser eliminadas para o aumento da produtividade. Ainda segundo Campos (1997) todas as anomalias devem ser relatadas, tanto boas como ruins, para que sejam localizadas as causas e que ações corretivas possam ser tomadas.

As análises de anomalias visam identificar as causas raízes de um problema, bloqueá-las e permitir o reestabelecimento do processo de produção sem que haja a reincidência das mesmas. Segundo Campos (1997) a análise de anomalia é a busca sumária e rápida da causa imediata da anomalia.

Campos (1997) diz que no desenvolvimento da análise, a partir do relato até o plano de ação a ser seguido, é de suma importância a participação de todos os envolvidos com o processo, desde operadores até a gerência. O autor também cita a utilização do diagrama de causa e efeito como uma ferramenta para auxiliar na identificação da causa.

2.5 - Teste de Significância t

Segundo Pires (2000), teste de hipótese é um método estático que se baseia em amostras para se tomar uma decisão. Essas hipóteses podem ter parâmetros de uma ou mais populações ou de ajustamento que tratam da distribuição da população. De acordo com Peternelli (2016), teste de hipótese (ou teste de significância) corresponde a um preceito decisório que permite rejeitar ou aceitar uma hipótese estatística, baseado em resultados de uma certa amostra. Sendo assim, há a chamada hipótese nula H_0 , que será a hipótese inicial e a hipótese alternativa H_1 . A hipótese nula H_0 geralmente recebe um valor fixo para a média ($H_0: \mu = \mu_0$) e a hipótese alternativa pode variar o valor de acordo com o tipo de teste que deseja fazer. O teste pode ser:

- ✓ Bilateral: o valor da média da hipótese alternativa H_1 deve ser diferente da média da hipótese nula H_0 ($H_1: \mu \neq \mu_0$);
- ✓ Unilateral superior: ou unilateral à direita: o valor da média da hipótese alternativa H_1 é superior ao valor da média a hipótese nula H_0 ($H_1: \mu > \mu_0$).
- ✓ Unilateral inferior ou unilateral à esquerda: o valor da média da hipótese alternativa H_1 é inferior ao valor da média a hipótese nula H_0 ($H_1: \mu < \mu_0$).

Braga (2010) diz que a hipótese alternativa determina uma área que é chamada de região crítica. Esta região pode ser superior, inferior ou bilateral em relação à distribuição de probabilidade da amostra. A partir de então, se a estatística do teste ficar dentro da área determinada como região crítica, H_0 será rejeitada.

De acordo com Landim (2003) no teste t, para que uma decisão possa ser tomada a respeito de um determinado processo compara-se duas médias. O teste t pode ser unilateral ou bilateral. Para realização do teste deve-se obter um valor t calculado com a seguinte Equação 1:

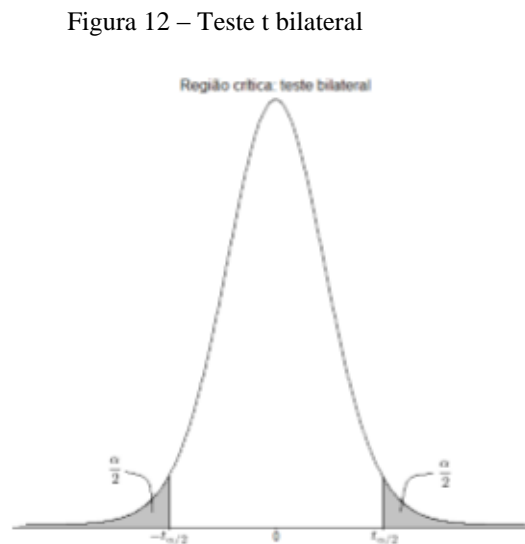
$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad (1)$$

Onde:

- ✓ \bar{x} : Média amostral;
- ✓ μ_0 : Valor fixo usado na hipótese nula;
- ✓ s : Desvio padrão amostral;
- ✓ n : Tamanho da amostra.

De acordo Landim (2003), o valor de t calculado na Fórmula 1 tem que ser comparado a um valor $t_{\alpha; n-1}$, obtido em uma tabela de distribuição de valores t , obedecendo o critério do nível de confiança (α) e do critério de graus de liberdade ($n - 1$). De acordo com os valores encontrados, o teste evidenciará se a média do processo se encontra na região de aceitação ou na região crítica, onde a hipótese nula é rejeitada. As três possibilidades de situações que podem aparecer no teste de significância t podem ser vistas nas Figuras 12, 13, 14:

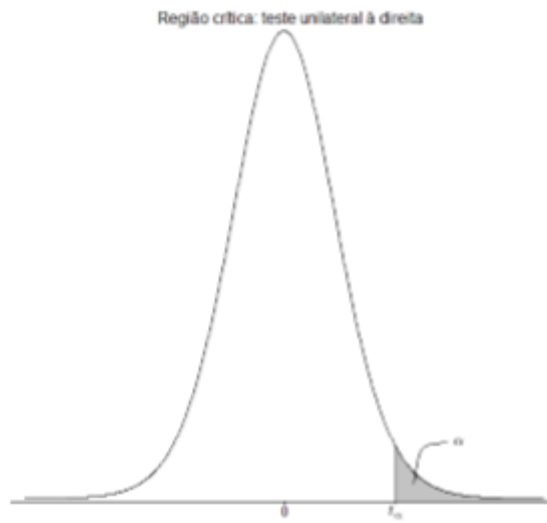
- ✓ Teste Bilateral: ilustrada pela Figura 12, no caso de o teste ser bilateral, a região de aceitação se encontra entre $-t_{\alpha/2; n-1}$ e $t_{\alpha/2; n-1}$. Assim se t for menor que $-t_{\alpha/2; n-1}$ ou maior que $t_{\alpha/2; n-1}$ a hipótese nula é rejeitada.



Fonte: Portal Action (2015)

- ✓ Unilateral superior: ou unilateral à direita: ilustrada pela Figura 13, quando se tem um teste unilateral a direita a região de aceitação se encontra de $-\infty$ até $t_{\alpha/2; n-1}$. Assim se t for maior que $t_{\alpha/2; n-1}$ a hipótese nula é rejeitada.

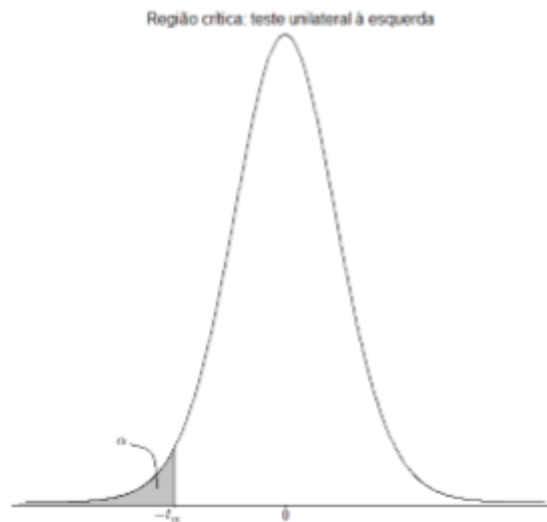
Figura 13 – Teste t unilateral à direita



Fonte: Portal Action, (2015)

- ✓ Unilateral inferior ou unilateral à esquerda: ilustrada pela Figura 14, quando se tem teste unilateral a esquerda a região de aceitação se encontra de $-\infty$ até $-t_{\alpha/2; n-1}$. Assim se t for menor que $-t_{\alpha/2; n-1}$ a hipótese nula é rejeitada.

Figura 14 – Teste t unilateral à esquerda



Fonte: Portal Action (2015)

2.6 - Ferramentas da Qualidade

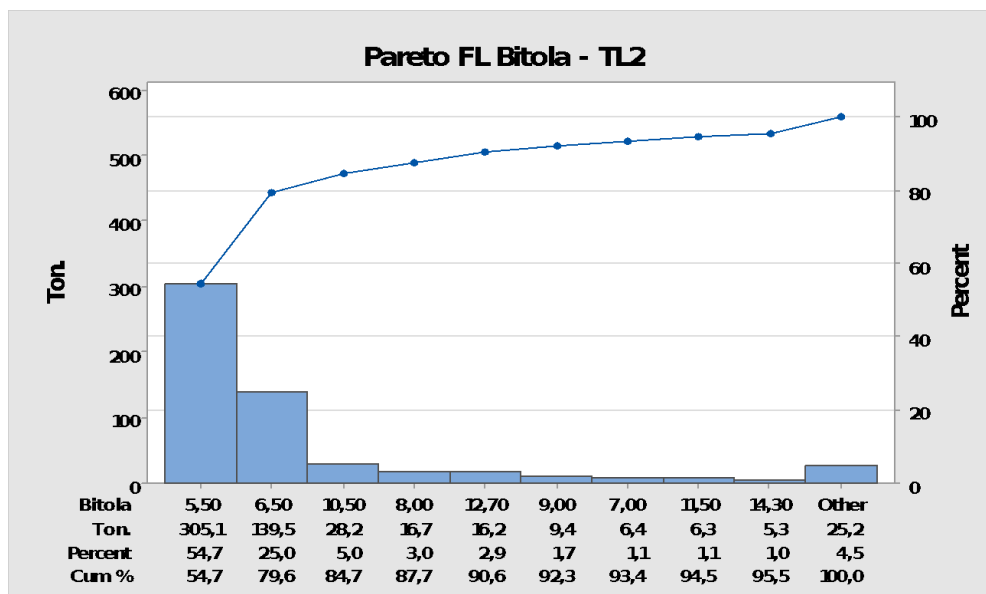
2.6.1 – Diagrama de Pareto

O Diagrama ou gráfico de Pareto é utilizado para a identificação e priorização dos itens responsáveis pela maior parte de erros ou problemas. Segundo Werkema (1995), o gráfico de Pareto é um gráfico de barras verticais que organiza a informação de maneira clara, de forma que as prioridades possam ser estabelecidas ao tratar problemas ou estabelecer projetos. Assim, os itens com maior participação no processo que está sendo estratificado no gráfico de Pareto são os que aparecem primeiro no gráfico, estabelecendo um padrão de forma decrescente, começando pelo que representa a maior porcentagem até o que possui menor expressividade.

De acordo com Lins (1993), o gráfico de Pareto tem o aspecto de um gráfico de barras, onde cada causa é quantificada em termos da sua contribuição para o problema e colocada em ordem decrescente de influência ou ocorrência. Para Werkema (1995) no princípio de Pareto usualmente uma pequena porcentagem de causas é responsável por grande parte dos defeitos encontrados. Desta forma, um problema pode ser minimizado tratando um pequeno número de causas.

O Gráfico 1 exemplifica um gráfico de Pareto em que demonstra a contribuição de cada bitola na ocorrência do defeito de má formação de rolo (FL) em um certo período. A partir do gráfico pode-se observar que as bitolas de 5,50 mm e 6,50 mm são as que possuem maior representatividade na ocorrência do defeito.

Gráfico 1 – Exemplo Gráfico de Pareto.



2.6.2 - Gráficos de Controle

Segundo Montgomery (2004) os gráficos de Controle são geralmente utilizados para o monitoramento da média e da variabilidade de uma determinada variável de um processo. Sendo uma medida numérica de uma característica da qualidade, essa variável dará caracterização do processo ou do produto. Assim, quando é utilizado um gráfico de controle, o valor médio de uma variável e também a variabilidade da mesma está sendo analisada. O gráfico de controle estabelece limites de controle para a variável, sucessivamente são plotados os pontos de valores da variável em questão, onde os pontos que se encontram fora dos limites delimitados (limites superior e inferior), expressam que o processo está estatisticamente fora de controle.

De acordo com Lins (1993) os gráficos de Controle possuem a característica de identificar as causas, denominadas causas especiais, quando existe um desvio sistemático ou uma variação fora dos limites de comportamento de um determinado processo. Ainda segundo Lins (1993) em uma implementação de um gráfico de Controle, alguns passos devem ser seguidos. Estes passos são: escolher a característica a ser medida (item de controle); medir periodicamente a característica do item de controle em certo número de ocorrências sucessivas; calcular a média e a amplitude da amostra; colocar os valores em um gráfico de controle; verificar se o processo está sob controle estatístico; e corrigir as causas dos desvios.

2.6.2.1 - Gráfico de controle para atributos

Segundo Montgomery (2004), atributos são características de qualidade que não podem ser representadas numericamente. Cada item inspecionado é verificado e classificado em categorias. Geralmente, a terminação conforme/não-conforme ou defeituoso/ não -defeituoso é utilizada nestes casos:

- ✓ Produto não-conforme (ou fora do padrão): um produto que não corresponde a uma ou mais especificações.
- ✓ Produto defeituoso: produto que apresenta um ou mais não conformidades sérias o bastante para afetar a utilização do produto

2.6.2.1.1 - Gráfico de controle para a proporção de não conformes

O gráfico de controle para a proporção de não conformes trabalha com a fração de produtos não conformes. De acordo com Montgomery (2004) a fração de não-conformes é definida como a soma de todas as peças não conformes encontradas dividida pelo total de peças investigadas.

De acordo com Montgomery (2004), a análise do gráfico ocorre de maneira idêntica ao gráfico de controle usual, assim, os pontos ou sequências de pontos fora dos limites de controle mostram que o processo não está sob controle estatístico. Existem critérios para a análise de gráficos de controle para proporção De acordo com o software Minitab versão 17 (2015) os critérios que determinam se um processo não está sob controle estatístico são:

- ✓ Critério 1: quando houver 1 ou mais pontos que esteja a mais de 3 desvios-padrão de distância em relação à linha central
- ✓ Critério 2: quando houverem 9 ou mais pontos consecutivos do mesmo lado em relação à linha central
- ✓ Critério 3: quando houverem 6 ou mais pontos consecutivos seguindo um padrão crescente ou decrescente
- ✓ Critério 4: quando houverem 14 ou mais pontos consecutivos que estejam alternando entre acima e abaixo em relação à linha central

2.6.3 - Análise de Capacidade do Processo

De acordo com Souto e Maia (2011) quando se produz dentro das especificações estipuladas, se tem uma garantia da qualidade do processo ou produto produzido por determinada empresa, além de ser o foco dos estudos de capacidade de processos. Segundo Montgomery (2004) a capacidade do processo está relacionada quanto à variabilidade dos processos e de acordo com sua uniformidade. Para o autor, existe dois aspectos para análise diferentes: o primeiro refere-se à variabilidade intrínseca ao processo num determinado instante, a chamada “instantânea” e o segundo refere-se à variabilidade que acontece com o decorrer do tempo. Ainda de acordo com Montgomery (2004) a análise da capacidade de um processo fornece a estimativa da capacidade utilizando distribuições de probabilidade que contém uma forma, média e desvio padrão especificados.

Os principais fatores que ressaltam a importância da análise de capacidade em um processo, segundo Montgomery (2004) são:

- ✓ Indicar até que ponto os limites de tolerância de um processo serão mantidos;
- ✓ Auxiliar alterações no processo;
- ✓ Auxiliar na determinação da coleta de amostras do processo;
- ✓ Projetar a sequência dos processos, quando os mesmos interferem nas tolerâncias;
- ✓ Diminuir a variabilidade.

Os indicadores que determinam se um processo é capaz ou não de atender as especificações são os índices de capacidade do processo, por esses índices faz-se uma análise observando o comportamento do processo em relação aos limites de especificação. Os principais índices de capacidade são o C_p e o C_{pk} .

Montgomery (2004) afirma que o índice C_p , índice de capacidade potencial do processo, visa indicar o quão dentro dos limites de especificação está o processo, levando em consideração que o processo esteja centrado no valor alvo de especificação. A relação entre as especificações e a variabilidade existente no mesmo processo, gera o índice. Em casos que são bilaterais (que possuem limites de especificação superior e inferior ao valor alvo) o índice C_p pode ser encontrado através da Equação 2:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad (2)$$

- ✓ LSE: Limite Superior de Especificação;
- ✓ LIE: Limite Inferior de Especificação;
- ✓ σ : Desvio Padrão.

A interpretação para os valores do índice segundo Montgomery (2004) pode ser vista na Tabela 1.

Tabela 1 – Interpretação C_p

C_p	Itens não conformes	Interpretação
$C_p < 1$	> 2700	Incapaz
$1 \leq C_p \leq 1,33$	64 a 2700	Aceitável
$C_p \geq 1,33$	< 64	Potencialmente Capaz

Fonte: Adaptado de Montgomery (2004)

Podemos observar que os para os valores de Cp que são menores que 1 o processo ultrapassará os limites de especificação. Os valores de Cp maiores ou iguais a 1 se encontra entre os limites de especificação, mas não indicam que a média do processo está próxima do valor alvo especificado.

O objetivo do índice Cpk é demonstrar se a média do processo está próxima do valor alvo especificado, a distância da média em relação aos valores especificados faz com que o índice varie. De acordo Montgomery (2004) o índice é encontrado a partir da menor distância entre um dos limites e a média pela variação do processo, de acordo com a Equação 3:

$$Cpk = MIN \left(\frac{LSE - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSI}{3\sigma} \right) \quad (3)$$

Onde:

- ✓ LSE: Limite Superior de Especificação
- ✓ LIE: Limite Inferior de Especificação
- ✓ μ : Média do processo
- ✓ σ : Desvio Padrão

Montgomery (2004) afirma que quando os valores de Cp e Cpk são iguais é devido ao processo estar centrado no valor alvo de especificação, e com os valores diferentes, o processo está descentrado. A utilização dos dois índices são necessários para a análise. Para a interpretação do Cpk pode-se também utilizar a mesma interpretação que encontra na Tabela 1.

2.6.4 - Diagrama Causa Efeito

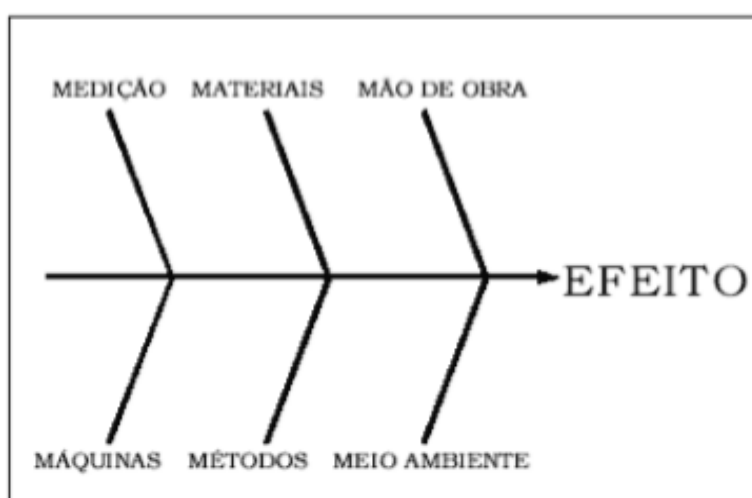
O Diagrama de Causa e Efeito também é conhecido como diagrama de Ishikawa ou diagrama Espinha de Peixe. Para Lins (1993) o diagrama é utilizado quando há necessidade de identificar as causas de um problema. De acordo com Werkema (1999) o diagrama pode ser utilizado para a identificação das principais causas de um problema, direcionando medidas corretivas adequadas que possam ser tomadas.

Segundo Lins (1993) o diagrama permite desdobrar as causas até níveis de detalhes adequados à solução do problema a partir dos grupos básicos de possíveis

causas. Esses grupos básicos são chamados de 6M, que são materiais, métodos, máquinas, mão-de-obra, meio ambiente e medidas. Esses grupos básicos são as causas primária que estão ligadas ao eixo principal do problema. As causas secundárias são ligadas às causas primarias do problema.

De acordo com Vieira (1995), é necessário inicialmente estabelecer um problema e, a partir de então, começar a investigação das causas que acarretaram um determinado problema. A Figura 15 exemplifica uma estrutura padrão de um Gráfico de Causa e Efeito.

Figura 15 – Diagrama de Causa e Efeito



Fonte: Ferramentas Básicas de Qualidade (1993)

2.6.5 - 5W2H

Segundo Sebrae (2008) citado por Lisbôa (2012), a técnica 5W2H é uma ferramenta simples, mas poderosa, para o auxílio na análise e no conhecimento sobre determinado processo, problema ou ação a serem efetivadas, podendo ser usado em três etapas na solução de problemas:

- ✓ Diagnóstico: na investigação de um problema ou processo, para aumentar o nível de informações e buscar rapidamente as falhas;
- ✓ Plano de ação: auxiliar na montagem de um plano de ação sobre o que deve ser feito para eliminar um problema;
- ✓ Padronização: auxilia na padronização de procedimentos que devem ser seguidos como modelo, para prevenir o reaparecimento de modelos.

Segundo Almeida Neto (2012) o 5W2H traduz-se em um formulário que permite a execução e controle de tarefas, possibilitando a atribuição de ações, estabelecimento de como o trabalho deve ser realizado, o local, as razões, prazo e custos que estão envolvidos com a ação a ser desenvolvida. A metodologia auxilia a determinar os principais pontos a serem desenvolvidos em um plano de ação através de perguntas que o guiam como um check-list. Estas perguntas vieram do inglês e deram origem à denominação “5W2H”. São as seguintes:

- ✓ What (O que);
- ✓ Who (Quem);
- ✓ When (Quando);
- ✓ Where (Onde);
- ✓ Why (Por que);
- ✓ How (Como);
- ✓ How much (Quanto custa).

Segundo Almeida Neto (2012) é comum encontrar na literatura e na rotina empresarial uma variação onde um plano de ação é montado utilizando todos os quesitos acima, mas sem o uso do “How much”, sendo chamado pela sigla 5W1H.

2.6.6 - Plano de Ação

De acordo com Almeida Neto (2012), a ferramenta plano de ação é utilizada para se tanger um objetivo, assim, uma ou várias ações são estipuladas a fim de atingir esse objetivo. As ações que fazem parte do plano de ação necessitam de uma orientação e data limite para a execução do mesmo. O autor ainda recomenda a utilização do 5W2H no plano de ação.

3 - Metodologia de Pesquisa

Segundo Terence e Filho (2006), existem diversas abordagens metodológicas que podem ser utilizadas, seguindo caráter qualitativo ou quantitativo, sendo que a escolha da abordagem será feita de maneira com que ela esteja associada aos objetivos da pesquisa. Para o presente trabalho, foram utilizadas as abordagens quantitativas e qualitativas para alcançar todos os objetivos traçados e obter uma visão ampla do problema.

Para Miguel (2010), cabe ao pesquisador capturar as evidências a respeito da pesquisa mensurando as variáveis. As variáveis são definidas pela sua natureza e já são existentes no processo antes mesmo do estudo. O pesquisador não interfere nas variáveis, apenas faz as coletas das mesmas. Ainda de acordo com Miguel (2010), na pesquisa qualitativa em Engenharia de Produção, o pesquisador deve visitar a organização e, desse modo, fazer observações e coletar evidências a respeito das variáveis que afetam seu estudo.

De acordo com WAINER (2006), a pesquisa quantitativa tem como base a medida (geralmente numérica) de um número limitado de variáveis objetivas. Ainda para WAINER (2006) métodos qualitativos diferem de métodos quantitativos porque se ocupam de variáveis que não podem ser medidas, apenas observadas. A pesquisa qualitativa não se preocupa com representatividade numérica, mas sim com o aprofundamento da compreensão de um grupo social de uma organização. (Silveira e Córdova, 2009).

Neste sentido, este estudo foi conduzido com a agregação destas duas abordagens. A abordagem quantitativa se fez necessária, uma vez que foi preciso mensurar as porcentagens e médias da tonelagem de material (fio máquina) não conforme gerado pelo Laminador 2, para que pudessem ser comparados com metas gerenciais, assim ferramentas do controle estatístico da qualidade foram utilizadas para tais comparações. Já a abordagem qualitativa foi importante devido às observações e pensamento crítico para justificar as causas dos fatores que levam ao problema.

Segundo Yin (2001) estudo de caso, é “um estudo de caráter empírico que investiga um fenômeno atual no contexto da vida real, geralmente considerando que as fronteiras entre os fenômenos e o contexto onde se insere não são claramente definidas”. O presente trabalho foi desenvolvido com aspiração a um estudo de caso, que descreve

um problema real de uma indústria nas perspectivas das abordagens quantitativas e qualitativas.

No estudo em questão, o problema existente foi descrito quantitativamente através dos resultados dos índices de má qualidade e aplicação de ferramentas do controle estatístico da qualidade. Foi utilizado o Software Excel para calcular as médias dos índices de má qualidade. Em seguida foi realizado um teste de significância “t” onde se testou a média encontrada, foi utilizada uma confiança de 90%, há 10% de tolerância para o índice de acordo com as metas gerências estabelecidas na empresa em estudo. Com o auxílio do Software Minitab, versão 17, foram aplicadas ferramentas do controle estatístico da qualidade, tais como gráfico de controle e histograma para análise de capacidade.

Os dados utilizados para a abordagem quantitativa foram retirados do Software MES (Manufacturing Execution System), que é um sistema integrado que reúne informações de dados de produção e informações da qualidade como o número de rejeitos referentes ao processo de laminação em um determinado período. A partir destes dados, consegue-se fazer o controle do índice de má qualidade. O período considerado para o estudo foi o ano de 2014 (janeiro/2014 – dezembro/2014, sendo que para a utilização da ferramenta gráficos de controle, foram utilizadas duas amostras por mês totalizando 24 amostras. O Laminador 2 foi escolhido por ser o equipamento que lamina os aços mais criteriosos na empresa em estudo, ou seja, os aços com maior grau de complexidade em sua composição química e sua aplicação no mercado.

Para investigação das causas do problema, foram buscadas as causas que acarretavam a ineficiência das análises de anomalias. Essas causas foram investigadas e apresentadas no presente trabalho de forma qualitativa. Não há aspectos numéricos que as caracterizam, são caracterizadas por observações e investigações na condução do trabalho. Para a identificação das causas um Diagrama de Causa e Efeito foi utilizado. Após a identificação das causas, foi elaborado um plano de ação para propor melhorias. As investigações das causas e as ações de propostas pelo plano de ação se deram através de entrevistas informais e reuniões com supervisores de produção atuantes na área e staff técnicos de qualidade

4 - Estudo de Caso

4.1 - Empresa

A empresa em estudo é a ArcelorMittal Monlevade. Pertencente ao segmento de Aços Longos da ArcelorMittal e possui uma expressiva contribuição para este segmento. A ArcelorMittal Aços Longos possui capacidade de produção de 6,5 milhões de toneladas/ano de aços longos e 1,55 milhões de toneladas/ano de trefilados o que o tornar uma das principais produtoras de aço da América Latina.

A Usina de João Monlevade é a principal siderúrgica da Arcelor Mittal Aços Longos, onde são produzidos fio máquina de alto teor de carbono e baixa liga que se destacam na utilização para a produção de lã de aço, steelcord (reforço de pneus radiais), fixadores, cabos e protendido e molas helicoidais para uso automobilístico. Sua planta fabril tem a produção destinada ao mercado nacional, clientes internacionais e trefilarias do grupo ArcelorMittal. Para tal, possui equipamentos de última geração, que são resultados de diversos anos de modernização e expansão

A unidade de Monlevade é uma Usina Integrada, ou seja, seu processo produtivo é integrado desde a extração do minério de ferro na mina do Andrade, que fica a 11 Km da usina até as etapas intermediárias, como sinterização, redução em alto forno, refino do aço, lingotamento e a laminação, que é a última etapa na produção do fio máquina.

Figura 16: Usina Integrada.



Fonte: Apostila de Laminação AMM (2013)

Através dos dois laminadores que possui em sua área de produção: o Laminador 1, que está em funcionamento desde a década de 1960 com duas linhas de laminação, e o Laminador 2, mais moderno, com apenas uma linha de laminação, e sobre o qual será realizado o presente estudo de caso, a Usina de Monlevade desenvolve sua produção

atualmente. Ainda possui um terceiro laminador, que está em fase final de montagem, mas sem previsão de início de operação.

Figura 17 - Usina de João Monlevade.



Fonte: Apostila de Laminação AMM (2013)

4.2 - Laminador 2

Instalado no ano de 1990 e passando por uma modernização em 2004/2005, o Laminador 2 possui capacidade nominal do fabricante de 420.000 toneladas/ano e capacidade atual de produção de 500.000 toneladas/ano. No Laminador 2 são produzidos fio máquina com a bitola variando de 5,5mm a 44,00, de acordo com a programação de produção. A velocidade final da laminação de laminação é de 100 m/s durante a produção da bitola de 5,50mm.

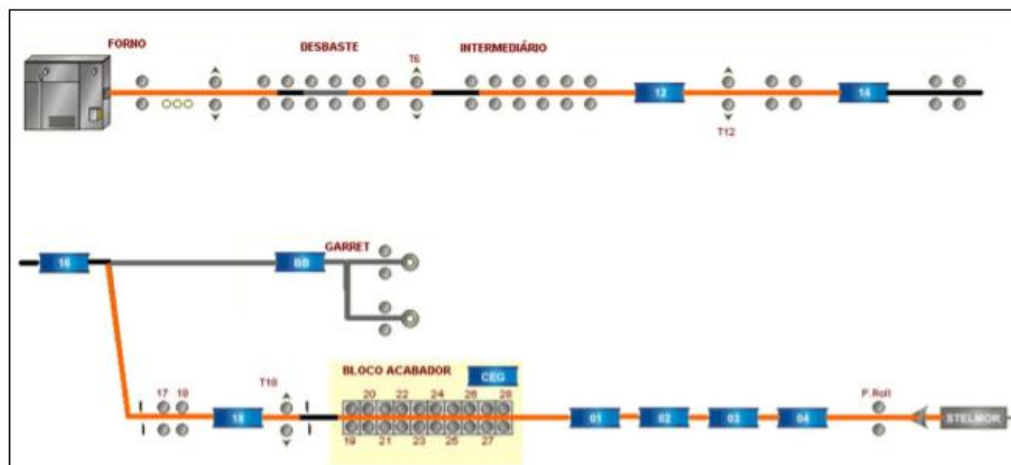
Ao longo da linha de laminação são encontrados os seguintes equipamentos listados a seguir:

- ✓ Forno viga caminhante (misto soleiras/skids);
- ✓ Desbaste horizontal/vertical – cadeiras convencionais;
- ✓ Intermediário horizontal/vertical – cadeiras convencionais;
- ✓ Pré-acabador – cadeiras cantilever;
- ✓ Caixas d'água intermediárias (durante o processo);
- ✓ Bloco acabador NT – Cadeiras cantilever;
- ✓ Caixas d'água após o processo;
- ✓ Formador de espiras;
- ✓ Transportador de Espiras Stelmor retarded cooling;

- ✓ Estação formadora de bobinas;
- ✓ Bobinadeiras Garret;
- ✓ Compactador automático.

A Figura 18 representa o layout do Laminador 2, que demonstra o posicionamento dos principais equipamentos encontrados em sua linha de laminação de forma simplificada. Resumidamente, o processo tem seu início com o aquecimento dos tarugos no forno Combustol, onde ocorre o aquecimento do material a uma temperatura que o deixará mais maleável e apto a sofrer as deformações plásticas características ao processo de laminação. Ao deixar o forno, os tarugos passam pelas cadeiras de desbaste e intermediária, que fazem a compressão do material por meio de cilindros, reduzindo assim sua área alongando o comprimento do material. Depois de passar pelas cadeiras de desbaste e intermediária, o material dirige para ser laminado via bobinadeiras Garret, onde as bitolas mais grossas são processadas ou continua para ser laminado via Stemor, onde as bitolas mais finas são laminadas e devido a isso ao passar por esta etapa o material carece de passar por mais processos de laminação. Nesta etapa, o material segue pelo bloco acabador, que assim continua com a redução da sua área. E após ocorre os processos de resfriamento do material, sendo o primeiro resfriamento pelas caixas d'água, e posteriormente o resfriamento no Stelmor a ar.

Figura 18 - Layout do Laminador 2



Fonte: Apostila de Laminação AMM (2013)

O laminador 2 tem em sua configuração total 28 cadeiras de laminação, assim o processo de laminação é realizado em até 28 passes. As cadeiras estão distribuídas desta forma: são seis cadeiras convencionais para desbaste, sendo que três cadeiras horizontais/verticais com diâmetro de 610 mm e três cadeiras horizontais/verticais com

420 mm; dez cadeiras convencionais nos contínuos, sendo que uma cadeira horizontal com diâmetro de 495 mm, três cadeiras horizontais/verticais com diâmetro de 420 mm e seis cadeiras horizontais/verticais com diâmetro de 355 mm; um bloco pré-acabador com duas cadeiras cantilever de 10” e, um bloco acabador com cinco cadeiras de 8” e cinco cadeiras de 6”, onde será laminadas as bitolas de 5,5mm a 22,50mm. Para a laminação das bitolas mais espessas de 23,81mm a 44mm, o processo é realizado por duas bobinadeiras Garret.

4.3 - Índice de Má Qualidade

Durante o processo de laminação, por diversos motivos, falhas operacionais, quebras de equipamentos, fatores externos, entre outros, são produzidos materiais não conformes que são consideradas anomalias do processo. Esses rejeitos são peças fora de especificação, com algum defeito como apresentados na seção 2.3 que não se adequam ao cliente. As destinações dos mesmos são realizadas de acordo com normas e instruções técnicas. No Laminador dois, anomalias de qualidade são sucataadas ou desviados para outra destinação de cliente ou segmento de mercado. Ainda no processo de laminação, realizada pelo trem de laminação 2, têm-se as perdas por recuperação em linha, que também por norma ou identificação de algum defeito são descartadas uma porcentagem do material.

A ArcelorMittal Monlevade trabalha com a gestão da qualidade para controle e garantia de fornecimento de produtos com alto padrão de qualidade. Para obter resultados positivos com a qualidade dos produtos laminados, faz-se o controle dos rejeitos e através de índices. O índice para controle da qualidade dos produtos laminados (fio máquina) é o índice de má qualidade. O índice de má qualidade é um Benchmark utilizado em todo grupo ArcelorMittal.

O índice de má qualidade considera a quantidade em toneladas de fio máquina não conforme (fora do especificado pelo cliente), produzido durante o processo de laminação durante um certo período, e a produção total de fio máquina produzido durante este mesmo período. A Equação 4 abaixo é utilizada para o cálculo:

$$MQ = \frac{Rn}{Pn} \times 100 \quad (4)$$

Onde:

- ✓ R_n = quantidade de fio máquina não conforme em toneladas em um período n .
- ✓ P_n = total de produção de fio máquina em toneladas em um período n .

No laminador 2, os períodos de controle são feitos mensalmente e também é feita uma média para o somatório total do ano em que se confronta com uma meta definida pela gerência. Para o período do estudo, o ano de 2014, a média anual do índice de má qualidade encontrado foi de 0,62%. Este resultado será utilizado para o desenvolvimento do trabalho.

4.4 - Análises de Anomalias

O objetivo das análises de anomalias no Laminador 2 é identificar as causas raízes das anomalias para bloqueá-las e para que não haja reincidência das mesmas no processo de fabricação do fio máquina, ou seja, identificar e bloquear as causas fundamentais, avaliar a abrangência, agir corretivamente e estabelecer medidas de controle esperando o resultado do menor índice possível de má qualidade. Assim a empresa considera que suas análises estão sendo eficientes para o processo de laminação se seu índice de má qualidade estiver dentro das metas previstas.

As análises são feitas a partir de um fluxo de informação que vai do nível operacional ao gerencial. Algumas normas e procedimentos são definidos internamente pela gerência e por metodologias da gestão da qualidade adotadas pela empresa são necessários para a realização das análises. Essas normas e procedimentos dizem que as análises devem ser realizadas quando se tem aproximadamente 12 toneladas (6 rolos de fio máquina) laminados no mesmo turno e com a mesma anomalia (não conformidade), os responsáveis deve realizar o relato até 48 horas após a ocorrência da anomalia. O Anexo 1 exemplifica a estrutura de uma análise de anomalia adotada no Laminador 2.

De acordo com a estrutura vista em anexo, alguns passos devem ser seguidos para o preenchimento da análise. Inicialmente, deve ser feito o relato da anomalia, onde é preciso destacar como informações cruciais a classificação da anomalia, data da ocorrência, local, nome dos envolvidos e a descrição da anomalia.

Em um segundo momento, devem ser relatadas as observações do processo, sendo elas as ações tomadas para o restabelecimento do processo, tais como: o que foi feito de imediato para a remoção da anomalia; as dificuldades encontradas para realização das ações; as observações sobre a situação do processo antes, durante e após a anomalia; os procedimentos operacionais envolvidos; resultados indesejados provocados pela anomalia.

Após o levantamento de todas as informações, é realizada a etapa de tratamento da anomalia. Para a realização desta etapa, é necessário o envolvimento de profissionais relacionados com a operação do processo, supervisor do processo e o staff técnico (conhece tecnicamente o processo envolvido). Assim, nesta etapa deve ser informado a data da análise de anomalia, o nome do coordenador do processo e dos participantes para a realização da análise.

Os envolvidos fazem observações complementares das que já foram na análise e, a partir desta informações e conhecimentos, identificam as possíveis causas utilizando a ferramenta Diagrama de Causa e Efeito. Desta forma, os conhecimentos de todos os participantes são válidos para realização desta etapa, pois se faz o levantamento das sugestões de cada um e identifica-se quais são as possíveis causas.

Para a identificação das causas fundamentais são feitas cinco perguntas (cinco porquês), assim identificando as causas base do problema e suas relações com outros possíveis fatores para a sua ocorrência. Após a identificação da causa, é realizada uma análise para a avaliação da necessidade de ações imediatas e para o desenvolvimento do plano de ação.

O plano de ação deve estabelecer medidas que bloqueiam as causas fundamentais da anomalia de maneira a evitar a sua reincidência. Para cada causa fundamental identificada deve ser estabelecida uma ação, tendo um responsável por essa ação e uma data para execução da mesma.

Depois da realização de todas as etapas descritas anteriormente, a análise de anomalia está elaborada. É designado um responsável para realizar uma análise crítica do que foi desenvolvido em todo documento da análise de anomalia, aprovando-a ou não. Se não aprovada, a análise deve ser refeita. Após aprovada, o plano de ação da análise deverá ser gerenciado, com objetivo de assegurar o cumprimento dos prazos e a eficácia das ações.

4.5 - Contexto

Tendo como objetivos das análises de anomalias o planejamento da qualidade e a não ocorrência de anomalias ou defeitos de qualidade nos produtos, pode-se verificar uma correlação entre as análises e o índice de má qualidade. Através dos dados observados, nota-se que essas análises não estão sendo eficientes para alcançar seus objetivos e obter um índice favorável.

Desta forma, as análises dos dados serão feitas utilizando as ferramentas estatísticas de teste de hipótese (teste de significância), gráfico de Pareto, gráficos de controle e análise de capacidade do processo. Os dados utilizados serão o índice de má qualidade geral e os índices mensais do ano de 2014 e sua meta de alcance.

4.6 - Teste de Hipótese

No presente trabalho o teste de significância t foi utilizado para comparar a média do índice de qualidade durante o ano de 2014 com a meta prevista para o índice durante o período. Ao utilizar este teste, buscou-se identificar se as médias reais do processo estavam de acordo com as médias estipuladas na meta.

Foi realizado o teste t para a média do índice de qualidade com a meta prevista de 0,42%, que é a meta estabelecida para o presente estudo.

Conforme revisão bibliográfica, o teste t será calculado através da Equação 1:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad (1)$$

Onde:

- ✓ \bar{x} : Média amostral
- ✓ μ_0 : Valor fixo usado na hipótese nula
- ✓ s : Desvio padrão amostral
- ✓ n : Tamanho da amostra

Para a meta de 0,42 são estabelecidas as seguintes hipóteses:

$$H_0: \mu = 0,42$$

$$H_1: \mu > 0,42$$

Para este processo temos os seguintes valores:

- ✓ \bar{x} : 0,62
- ✓ μ_0 : 0,42
- ✓ s : 0,466
- ✓ n : 24 (2 amostras por mês)

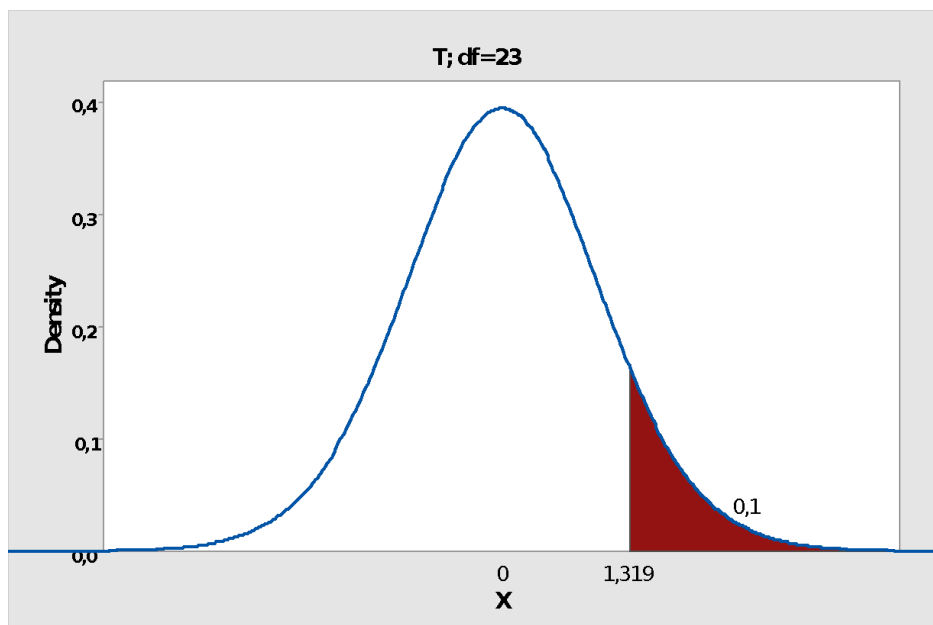
Portanto, calculando de acordo com a Equação 1, obtém-se $t = 2,11$.

Assume-se que para este teste será utilizado um nível de significância (α) igual a 0,10.

Da tabela de distribuição t, temos que $t_{\alpha; n-1} = t_{0,10; 23} \approx 1,319$.

Como pode-se ver no Gráfico 2, o valor de $t > t_{\alpha; n-1}$ ($2,11 > 1,319$). Portanto, a hipótese nula deve ser rejeitada. O que demonstra que a média real para o índice de má qualidade está na região crítica de aceitação e não está de acordo com a meta para o processo. Logo, como o índice de má qualidade é superior ao previsto, pode-se concluir que as análises de anomalias não estão sendo eficientes para bloquear as causas da ocorrência de anomalias e a reincidência das mesmas para se obter sucesso no resultado do índice de fio máquina não conforme (índice má qualidade) do processo.

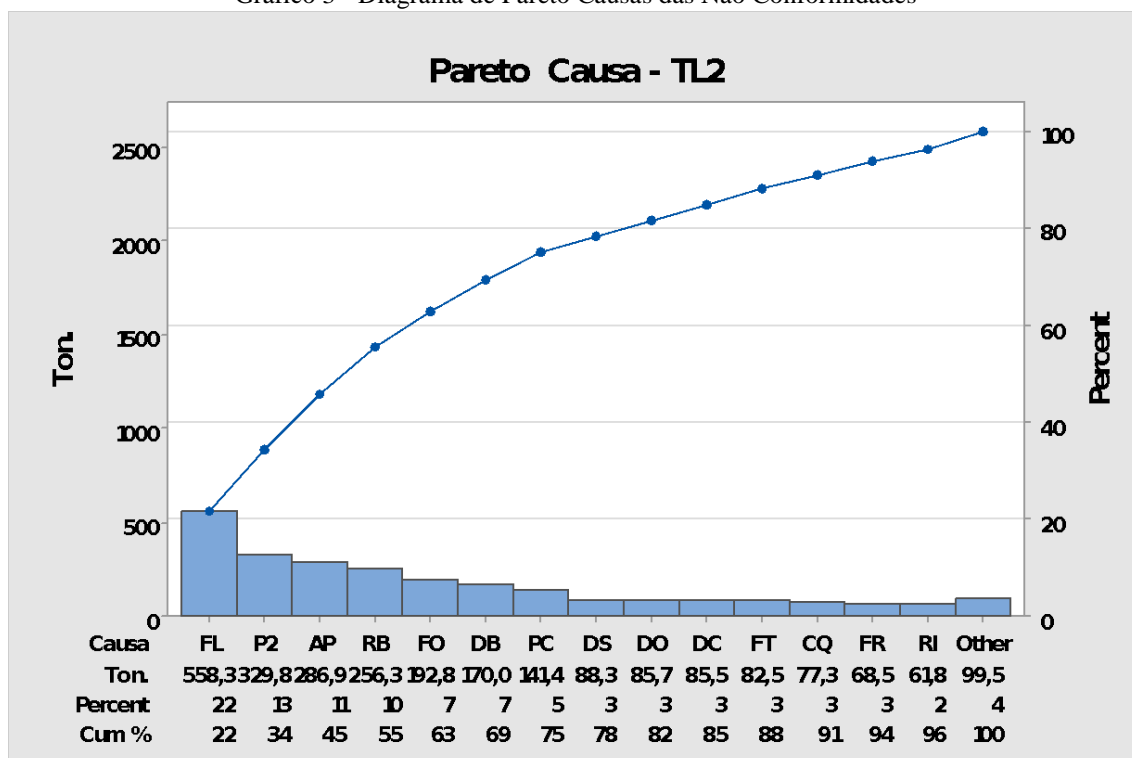
Gráfico 2 – Distribuição t



4.7 - Identificação das anomalias mais frequentes

Com o objetivo de identificar quais defeitos possuem um maior número de ocorrências durante o período considerado no estudo, foi utilizada a ferramenta da qualidade “Diagrama de Pareto”. A partir dela, consegue-se analisar a porcentagem representada por cada anomalia ocorrida e, desta forma, identifica-se quais possuem maior representatividade em relação ao número total de ocorrências. Os defeitos são expressos no gráfico em ordem decrescente, indo da de maior ocorrência para a de menor ocorrência, considerando um universo amostral para este estudo de caso.

Gráfico 3 - Diagrama de Pareto Causas das Não Conformidades



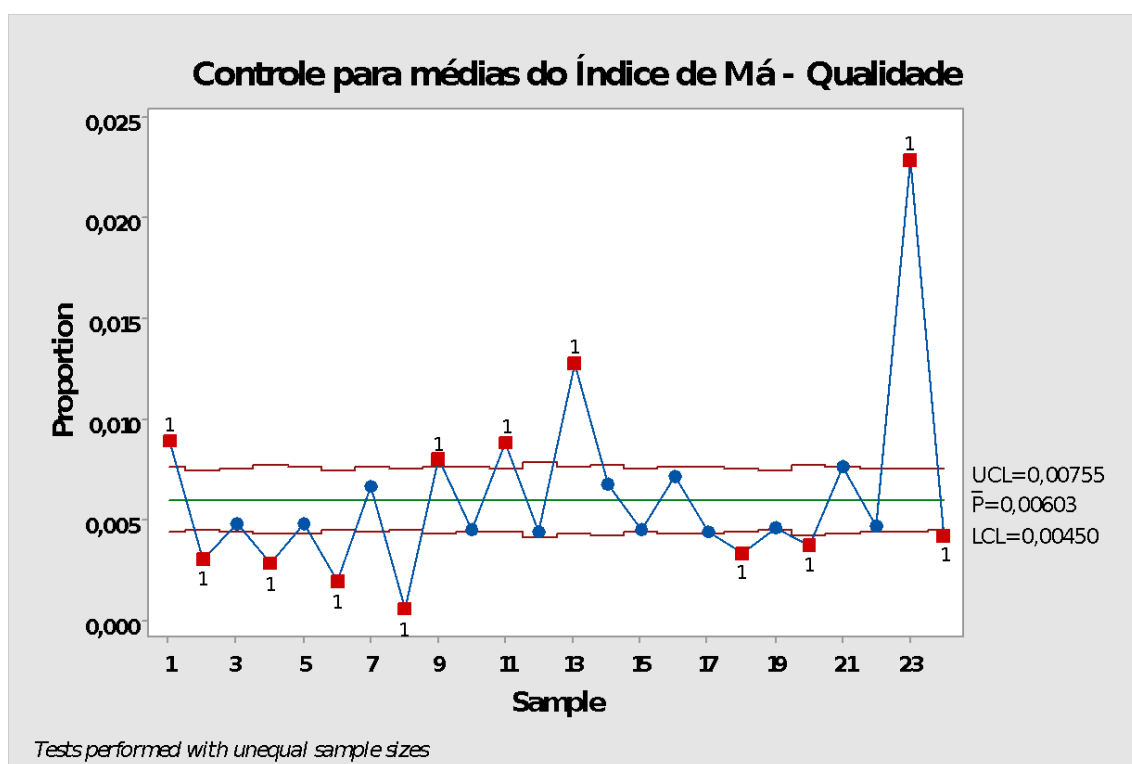
Como pode-se observar no Gráfico 3, dentre as não conformidades existentes no processo de laminação do Laminador 2, o que possui maior representatividade, considerando o total de toneladas, é a má formação de rolos (FL) que representa aproximadamente 22% do total de fio máquina fora das especificações. A segunda anomalia que possui a maior contribuição é a palha grosseira (P2) que representa aproximadamente 13%. As anomalias de arranhão pesado (AP), que representa 11%, rebara (RB), que representa 10%, e fora de ciclo (FO), que representa 7%, aparecem em sequência. Essas 5 não conformidades concentram 63% do total de material (fio máquina) não conforme gerado no processo. Com este resultado, pode-se notar que o defeito de

má formação de rolos se destaca um pouco dos demais e os restantes estão bem distribuídas e não há predominância de um pequeno grupo de defeitos.

4.8 - Gráfico de controle

O Gráfico 4 ilustra o gráfico de controle das amostras dos valores dos índices de má qualidade durante o período de estudo. De acordo com os critérios estabelecidos na revisão no item 2.4.2.1 para análise de gráficos de controle para proporção de defeitos, o processo se encontra fora de controle estatístico.

Gráfico 4– Proporção de não conformes.

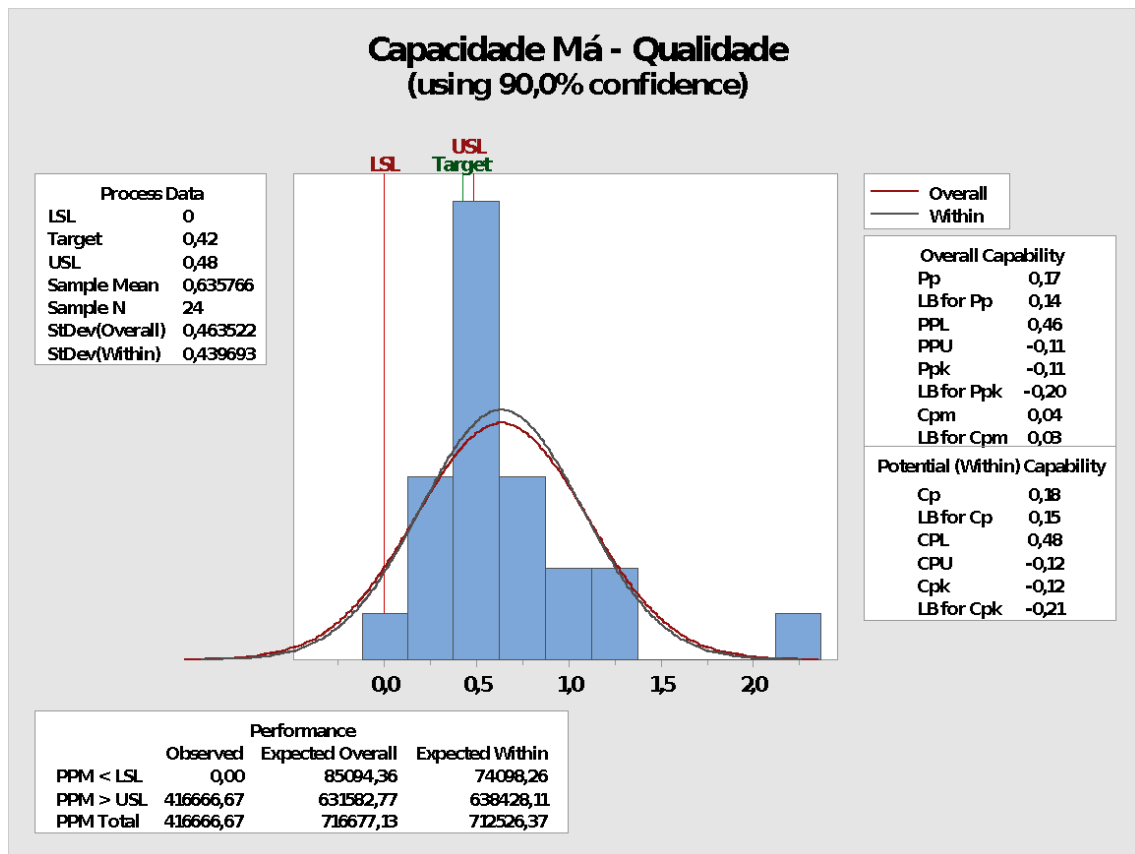


Como pode-se observar no Gráfico 3, tem-se falha no critério 1 pois existem 5 amostras (1, 9, 11, 13 e 23) que estão a mais de 3 desvios-padrão em relação à linha central, que representa a média do processo, sendo que apenas um já é suficiente para que o processo possa ser considerado fora de controle estatístico. As amostras 2, 4, 6, 8, 18 e 22 não foram considerados pois para a organização em estudo pontos abaixo do limite inferior não representam problema e sim considera-se pontos positivos.

4.9 – Análise de Capacidade do Processo

O Gráfico 5 exibe o histograma para a análise de capacidade do índice de má qualidade. Como o índice $C_p < 1$ (0,18), o processo não é considerado capaz, uma vez que o processo utiliza mais que 100% da faixa de especificação. Como $C_{pk} \neq C_p$, percebe-se que o processo não está centrado, ou seja, está deslocado do valor alvo. O PPM (Partes Por Milhão) total indica que em um milhão de ocorrências, 416666,67 extrapolam os limites de especificação.

Gráfico 5 - Análise de Capacidade.



Conclui-se que o processo é incapaz de atender às especificações e que o mesmo não está sob controle estatístico da qualidade. Estas evidências somadas às encontradas nas etapas anteriores comprovam a existência do problema da ineficiência das análises de anomalias para a redução do índice de rejeitos gerados no processo de laminação do Laminador 2. Desta forma, no próximo capítulo serão investigadas as causas dessa ineficiência e em seguida será proposto um plano de melhorias para que as possíveis causas sejam combatidas visando melhorias.

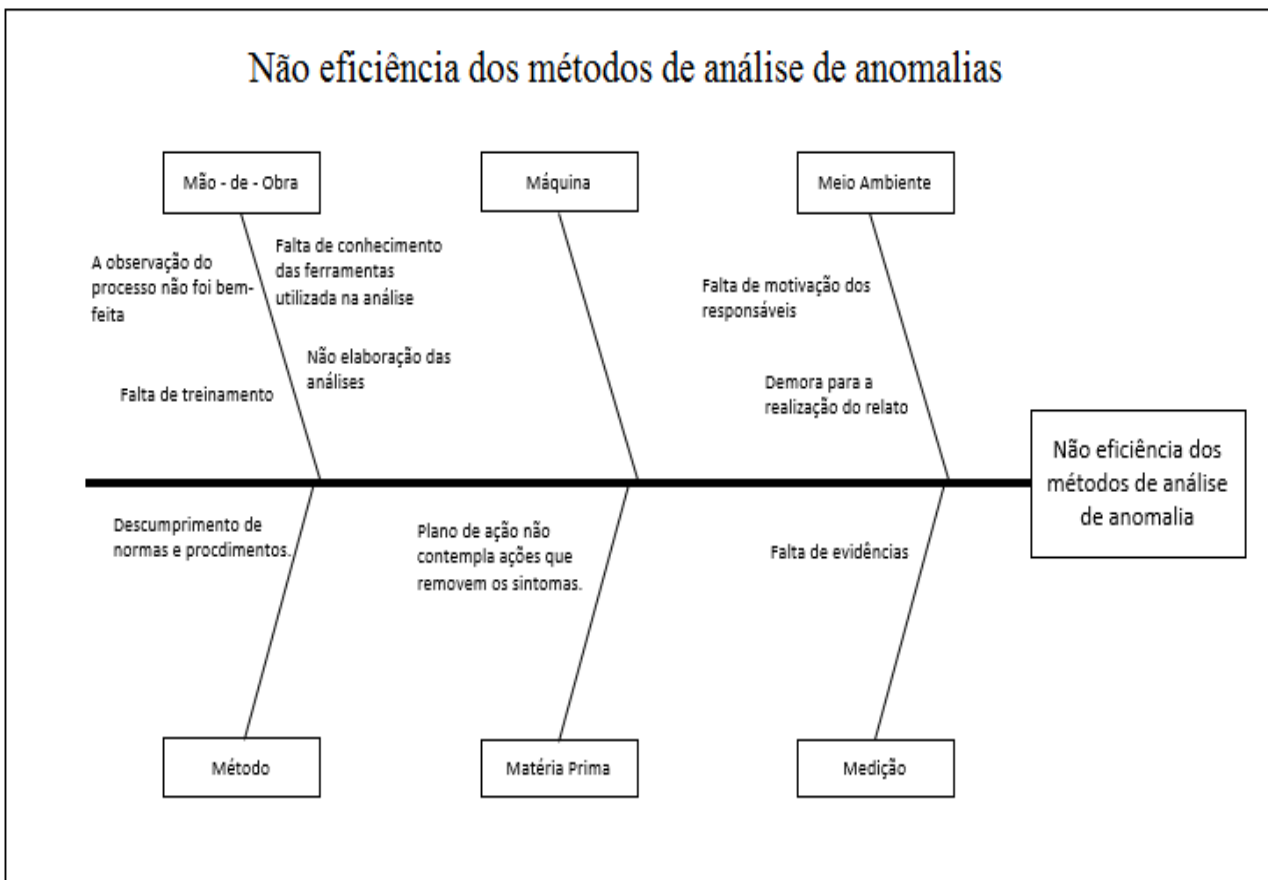
5 - Identificação das causas e Sugestões de Melhoria

5.1 - Identificação das causas

Para a identificação das causas da ineficiência dos métodos das análises de anomalias no Laminador 2, foi utilizado o diagrama de Causa e Efeito. Através deste diagrama é possível organizar as causas dos problemas de forma estruturada e de forma que se possa fazer suas investigações individualmente.

Na Figura 19 é mostrado o diagrama de causa e efeito, onde as causas para a ineficiência das análises de anomalias são apresentadas. Como é comum na indústria se considerar 6 causas primárias principais quando se utiliza o diagrama de causa e efeito, as causas indicadas são causas secundárias. As causas primárias na indústria comumente se iniciam com a letra “M” e por isso são chamadas de “6M”: mão de obra, método, máquina, matéria prima, meio ambiente e medição. O diagrama de causa e efeito foi desenvolvido a partir dos dados coletados em entrevistas informais e reuniões com supervisores de produção atuantes na área e staff técnicos de qualidade.

Figura 19 – Diagrama de Causa e Efeito Não Eficiência das Análises de Anomalias.



Abaixo apresenta-se possíveis causas que podem ser identificadas no diagrama e uma numeração para identificação no plano de ação.

- ✓ Plano de ação não contempla ações que removem os sintomas;
- ✓ A observação do processo não foi bem-feita;
- ✓ Falta de evidências;
- ✓ Falta de treinamento;
- ✓ Falta de conhecimento das ferramentas utilizada na análise;
- ✓ Demora para a realização do relato;
- ✓ Descumprimento de regras e normas;
- ✓ Falta de motivação dos responsáveis;
- ✓ Não elaboração das análises.

As causas mais prováveis do porque as análises de anomalias não estão sendo eficientes para as reincidências das mesmas foram mostradas na Figura 9. A partir destas causas um plano de ação foi proposto utilizando a metodologia 5W2H, mas adaptando-a para a versão 5W1H pois como o presente trabalho objetiva a melhora do processo e nem todas as ações geram gastos, a pergunta em relação ao custo (“HowMuch”) foi retirada. Esse plano de ação a ser apresentado nesta seção, foi elaborado como uma sugestão para que as análises de anomalias alcancem realmente seus objetivos.

Na Tabela 2, tabela do plano de ação cada “Por que” teve sua origem no diagrama de causa e efeito. Os campos das as ações, onde serão executadas e os prazos para a execução não foram desenvolvidos, uma vez que o estudo buscou realizar um levantamento de melhorias relacionadas com as prováveis causas dos problemas.

5.2 - Plano de Ação

A Tabela 2, apresenta o plano de ação como propostas de possíveis melhorias para se obter uma melhor eficiência dos métodos de análise de anomalias. Como observado na seção 5.1, uma parte considerável das causas da não eficiência partem da mão de obra. Assim o plano de ação volta suas propostas de acordo com as causas encontradas.

Tabela 2 - Plano de ação

Causa	Por que	O que	Como	Quem	Onde	Quando
1. Plano de ação não contempla ações que removem os sintomas;	Processo da laminação não está planejado para situação de anomalia	Estabelecer procedimentos, planejando situações de anomalias no processo de laminação.	Realizar o levantamento do histórico da execução do plano de ações de anomalias anteriores.			
2. A observação do processo não foi bem-feita;	Redução do número do quadro de funcionários.	Ficar mais atentos as situações de anomalias	Seguir todos os procedimentos.			
	Falta de conhecimento do processo de laminação.	Treinar conforme procedimento.				
3. Falta de evidências;	Falha no relato da anomalia e na observação do processo.	Levantar as informações conforme critério que é estabelecido após a ocorrência da anomalia.	Atuar conforme as regras e os procedimentos.			
			Revisar os procedimentos existentes e criar novos procedimentos se necessário.			
4. Falta de treinamento;	Corte de treinamentos devido redução de custo.	Criar normas para treinamentos periódicos possibilitando treinamentos de reciclagem e de novatos.	Disponibilizar verba orçamentaria para treinamentos periodicamente.			
		Desenvolver um facilitador por gerencia para disseminação da utilização correta da ferramenta.				

5. Falta de conhecimento das ferramentas utilizada na análise.	Falta de treinamento.	Criar normas para treinamentos periódicos possibilitando treinamentos de reciclagem e de novatos. Desenvolver um facilitador por gerência para disseminação da utilização correta da ferramenta.	Disponibilizar verba orçamentaria para treinamentos periodicamente.			
6. Demora para a realização do relato.	Descumprimento dos procedimentos, falta de interesse, redução da mão de obra.	Identificar as necessidades dos empregados e do processo.	Criar sistemática de reuniões, estabelecendo mecanismos de cobrança.			
7. Descumprimento de regras e normas.	Falta de conhecimento, falta de treinamento, falta de motivação, carga de trabalho excessiva.		Capacitar um empregado por turma para auxiliar o supervisor quando necessário em caso de ocorrência de anomalia.			
8. Falta de motivação dos responsáveis.						
9. Não elaboração das análises;						

Através do plano de ação espera-se que as análises se tornem eficientes para o Laminador 2 e sua meta do índice de má qualidade seja cumprido. Pelos resultados obtidos no diagrama de causa e efeito, Figura 19, e os planos traçados na Tabela 2, plano de ação, pode-se observar que para obter melhorias quanto a eficiência dos métodos das análises de anomalias é necessária um grande envolvimento de todos os responsáveis do Laminador 2, dos operadores a gerência, e um trabalho para melhorar a gestão do conhecimento da empresa.

6 - Considerações Finais

Este trabalho teve como objetivo analisar a eficiência dos métodos de análises de anomalias no processo de laminação do Laminador 2, da empresa ArcelorMittal Monlevade. A análise teve como base o índice de má qualidade, é o índice de qualidade utilizado pela empresa em estudo.

Através do estudo pode-se observar que diversos motivos levam a não eficiência dos métodos análises de anomalias no processo de laminação do fio máquina no Laminador 2. Comprova-se em um primeiro momento através de ferramentas estatísticas e da qualidade essa não eficiência. Através de um teste de significância t , que o índice de má qualidade, indicador de qualidade utilizado pela empresa, não está de acordo com as metas previstas, ou seja, o número de fio máquina não conforme está além do ideal. Sendo a meta prevista para o índice de má qualidade 0,42%, chegamos ao resultado de que a média do índice foi superior.

Com o gráfico de Pareto observou-se quais as não conformidades ocorrem com maior frequência no processo de laminação em estudo, sendo as principais a má formação de rolos, palha grosseira e o arranhão. Utilizando a ferramenta gráfico de controle percebeu-se que o processo se encontra fora de controle estatisticamente por verificar que havia amostras fora dos limites de controle, sobretudo 5 amostras acima dos 3 desvios padrão da linha central.


A análise de capacidade comprova que o processo atual não é capaz de atender a atual meta de 0,42% para o índice de má qualidade. O C_p encontrado foi diferente do C_{pk} , o que significa que o processo está centrado fora dos valores previstos. A partir destes resultados nota-se que a ineficiência dessas análises acarreta em aspectos negativos no que tange a qualidade do processo e do produto com o não alcance da meta indicada. Está fora do alcance da meta pode representar a elevação dos custos e causar improdutividade.

No segundo momento houve a identificação das causas da não eficiência dos métodos de análises de anomalias através do Diagrama de Causa e Efeito. As principais causas estão voltadas para o aspecto de conhecimento dos funcionários. Assim uma sugestão para próximos trabalhos e investigar e analisar como a Gestão do Conhecimento é trabalhada na empresa.


Utilizando a metodologia 5W1H adaptado ao estudo, foi elaborado um plano de ação como proposta de possíveis melhorias das análises de anomalias no Laminador 2. De acordo com os resultados obtidos e as análises realizados, para que estes planos corretivos sejam elaborados e aplicados de forma que gerem resultados positivos, é necessário que a empresa tenha consciência e conhecimento do problema e seus efeitos negativos ao processo produtivo. O engajamento de todas as partes envolvidas para solução do mesmo é extremamente necessário.

Assim pode-se concluir que a qualidade deve ser um fator incorporado na cultura organizacional tendo em vista que a partir dela se consegue gerar vantagens competitiva. Portanto, com o estudo, se torna evidente a importância que as análises de anomalias representam para a empresa e ao processo produtivo, os benefícios gerados pelas tais análises podem interferir diretamente no valor gerado pela empresa aos seus clientes e conseqüentemente sua manutenção no mercado. Portanto, estabelecer métodos eficientes contribui para o bom desempenho da organização.

7 – Anexo I

		RELATÓRIO DE ANÁLISE DE ANOMALIA					Nº DO RELATO: _____/_____/_____	NÚMERO DO REGISTRO DA QUALIDADE: _____
1ª PARTE - RELATO DA ANOMALIA								
DATA OCORRÊNCIA:	ÁREA / LOCAL:	PROCESSO:	PRODUTO:	CORRIDA:	PARTIÇÃO:	TURMA:	HORA:	
							PARTICIPANTES:	
1 - IDENTIFICAÇÃO	CÓDIGO DO CRITÉRIO PARA TRATAMENTO DESSA ANOMALIA:							
	ANOMALIA: (RESULTADO QUE NÃO ERA ESPERADO)							
2 - OBSERVAÇÃO	AÇÕES REALIZADAS PARA RESTABELECER O PROCESSO - REMOÇÃO DOS SINTOMAS (SE APLICÁVEL)							
	DIFICULDADES ENCONTRADAS PARA REALIZAÇÃO DAS AÇÕES NO MOMENTO DA ANOMALIA PARA RESTABECIMENTO DO PROCESSO (SE APLICÁVEL)							
	OBSERVAÇÕES (O QUE VOCÊ VIU NO PROCESSO ANTES, DURANTE E APÓS A ANOMALIA - LEMBRE-SE DOS 6MS) FATOS POSITIVOS E/OU NEGATIVOS							
	PROCEDIMENTOS (MEDIDAS DE CONTROLE ESTABELECIDAS SOBRE AS PRINCIPAIS CAUSAS POTENCIAIS DE ANOMALIA)							
	EXISTEM PROCEDIMENTOS P/A ATIVIDADE ENVOLVIDA? () Sim () Não							
	QUAIS SÃO OS PROCEDIMENTOS?							
	OS PROCEDIMENTOS FORAM CUMPRIDOS? () Sim () Não							
RESULTADOS INDESEJADOS PROVOCADOS PELA ANOMALIA								
RELATOR DA ANOMALIA								
Nome:					Assinatura:			

- Recl. de clientes
- Auditoria interna
- Auditoria externa
- Monit. de processo
- Monit. de produto
- Análise de dados
- Avaliação de processo



ArcelorMittal

2ª PARTE : ANÁLISE DA ANOMALIA

DATA:

COORDENADOR DO PROCESSO:

PARTICIPANTES:

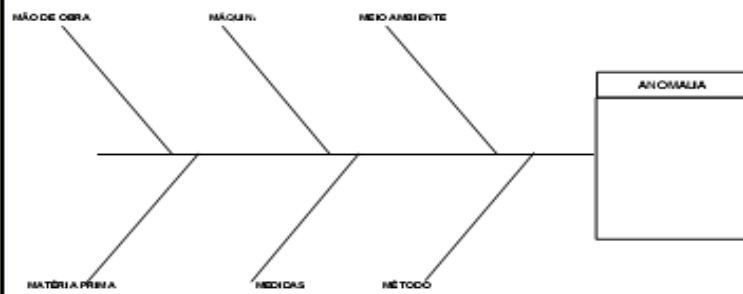
OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES:

BRAINSTORMING (IDENTIFICAÇÃO DAS POSSÍVEIS CAUSAS)

MÃO DE OBRA

MÁQUIN.

MEIO AMBIENTE



DE TERMINAÇÃO DAS AÇÕES E/OU BLOQUEAR OU EVITAR A AÇÃO DAS CAUSAS FUNDAMENTAIS

CAUSAS FUNDAMENTAIS	CÓD. AÇÃO	O QUE FAZER	AÇÃO	QUEM	QUANDO
					28/07/2009
					28/07/2009
					28/07/2009
					28/07/2009
					28/07/2009

ANÁLISE CRÍTICA - FASES 1 A 4

Esses fatos são verdadeiros no contexto da análise de anomalia SIM NÃO (REFAZER A ANÁLISE)

O PLANO DE AÇÃO CONTEMPLA AÇÕES PARA SANAR AS DIFICULDADES IDENTIFICADAS NA REMOÇÃO DOS SINTOMAS SIM NÃO (REFAZER A ANÁLISE)

A OBSERVAÇÃO FOI ABRANGENTE SOB OS ASPECTOS DO PROCESSO (SFS) SIM NÃO (REFAZER A ANÁLISE)

AS POSSÍVEIS CAUSAS IDENTIFICADAS TÊM FORTE CORRELAÇÃO COM A ANOMALIA SIM NÃO (REFAZER A ANÁLISE)

NO MÉTODO DOS 5 PORQUÊS A RELAÇÃO DE CAUSA E EFEITO ESTÁ CORRETA SIM NÃO (REFAZER A ANÁLISE)

OS EFEITOS CONSTATADOS NA OBSERVAÇÃO TÊM CORRELAÇÃO COM A CAUSA DE EFEITOS DO MÉTODO DOS 5 PORQUÊS SIM NÃO (REFAZER A ANÁLISE)

AS CAUSAS FUNDAMENTAIS IDENTIFICADAS TÊM FORTE CORRELAÇÃO COM A ANOMALIA SIM NÃO (REFAZER A ANÁLISE)

AS AÇÕES ESTABELECIDAS IRÃO BLOQUEAR A(S) CAUSA(S) FUNDAMENTAL(ES) IDENTIFICADA(S) SIM NÃO (REFAZER A ANÁLISE)

FORAM ESTABELECIDAS AÇÕES POR ABRANGÊNCIA (SE APLICÁVEL) SIM NÃO (REFAZER A ANÁLISE)

Observações:

DATA: / /

AÇÕES EXECUTADAS

RESULTADOS APOÓS A EXECUÇÃO DAS AÇÕES

ANÁLISE CRÍTICA DAS AÇÕES E RESULTADOS

3. CONCLUSÃO

7. CONCLUSÃO

As ações para o bloqueio das causas fundamentais geram prejuízos novos ou modificados no processo? () Sim () Não

As ações para o bloqueio das causas fundamentais são eficazes a necessidade de controle novos ou modificados no processo? () Sim () Não

Caso as respostas acima forem afirmativas, deverá ser elaborada/revista a APP pertinente no processo.

São implementadas as ações? () Sim () Não - Justificativa:

DATA: / /

8 – Referências Bibliográficas

ArcelorMittal. Aços Longos: Fio-Máquina. Disponível em < https://www.belgo.com.br/produtos/industria/fio_maquina/pdf/fio_maquina.pdf > . Acesso em 08/01/16.

BRAGA, Luis Paulo Vieira. **Compreendendo Probabilidade e Estatística**. Rio de Janeiro: E-papers, 2010. 230p

CAMPOS, Vicente Falconi. **Qualidade Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**. 3. ed. Belo Horizonte: Qfco, 1997.

CODA, R.C. **Laminação: Produtos Longos de Aços Laminados a Quente**. Laboratório de Transformação Mecânica UFRGS, 2006.

DE ALMEIDA NETO, Antônio Clodoaldo. **Apresentando o plano de ação 5W2H como modelo. Ferramentas da Qualidade IFBA**. 2012. Disponível em < <http://www.ifba.edu.br/professores/antonioclodoaldo/04%20FERRAMENTAS%20DA%20Q/> >. Acesso em 18/12/15.

FALCONI, Vicente C.. - **Qualidade Total – Padronização de empresas**. 1992

FONSECA, P.S.M; CARVALO, P.S.L., SILVA, M.M, Investimentos na Siderurgia brasileira. Perspectiva de Investimento 2010 a 2013. Apostila BNDES. 2010. Disponível em < http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Publicacoes/Paginas/perspectivas_investimento2010.html. > Acessado em 07/02/2016.

Instituto Aço Brasil. História do Aço. Disponível em < <http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/aco/introducao.asp> >. Acesso em 07/02/16.

JURAN, J.M. - **A Qualidade desde o Projeto**, São Paulo. Ed. Pioneira. 3 Edição. 1997.

LANDIM, Paulo Milton Barbosa. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: Editora UNESP, 2003. 259p.

LINS, Bernardo F.E. – **Ferramentas básicas de qualidade**, Brasília, 1993.

LISBÔA, Maria G. P. – **Aplicação do método 5W2H no processo produtivo do produto: a joia**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.

Mattos, Mariela C.V. – **A Influencia das variáveis do processo de laminação na ocorrência de defeitos em fio maquina**. 2013. 46f. TCC (Graduação) – Curso Engenharia de Produção, Universidade Federal de Ouro Preto, Joao Monlevade, 2013.

MIGUEL, P. A. C. (coordenador). **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MINITAB, Versão 17

MONTGOMERY, Douglas C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2004. 513p.

PALADINI, Edson. P. - **Controle de Qualidade: uma Abordagem Abrangente**. São Paulo. Atlas. 1990.

Peternelli, L. A. – **Testes de Significância**- < <http://www.dpi.ufv.br/~peternelli/inf162.www.16032004/materiais/CAPITULO6.pdf> > Acesso em 09/02/2016.

PIRES, Ana. **Probabilidade e Estatística**. Lisboa: Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa, 2000.

PORTAL ACTION. Teste Para Média (Teste t). Disponível em: < <http://www.portalaction.com.br/inferencia/52-teste-para-media-teste-t> >. Acesso em 24/10/2015.

QUALIDADE - **Avaliação de Conformidade segundo o Inmetro** – disponível em < <http://www.inmetro.gov.br/qualidade/>>. Acessado em 16/01/2016

REIS, Luciano. **Apostila ArcelorMittal Monlevade de Defeitos Laminação**, 2008

SILVEIRA, Carlos Henrique. **Apostila de Laminação ArcelorMittal Monlevade**, 2013

Silveira, D.T., Córdova, F. P. - **Métodos de pesquisa** / [organizado por] Tatiana Engel Gerhardt e Denise Tolfo Silveira; coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

SOUTO, Ricardo Romualdo; MAIA, Rafaella Dias de Almeida. **Análise da capacidade de um processo: Um estudo de caso baseado nos indicadores Cp e Cpk**. XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP, 2011

TAKAYAMA, Mariana Amorim Silva. **ANÁLISE DE FALHAS APLICADA AO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DA MANUTENÇÃO**. 2008. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008.

TERENCE, Ana Cláudia Fernandes; ESCRIVÃO FILHO, Edmundo. **Abordagem quantitativa, qualitativa e a utilização da pesquisa-ação nos estudos organizacionais**. XXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP, v. 9, 2006

VIEIRA, Sonia. **Estatística para a Qualidade: Como Avaliar com Precisão a Qualidade em Produtos e Serviços**. Rio de Janeiro: Elsevier, 1999. 198p.

VILELA, A.C.F; Processos Siderúrgicos SID-500; Gerdau; Programa de Capacitação Acelerada de Engenheiros, 2007

Wainer, J. - Métodos de pesquisa quantitativa e qualitativa para a Ciência da Computação. Universidade Estadual de Campinas. 2006.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos. Belo Horizonte: Werkema, 1995. 290p.

WUSATOWSKI, Z; Fundamentals of Rolling. Pergamon Press, Oxford, 1969.

YIN, Robert K. Estudo de caso – planejamento e métodos. (2Ed.). Porto Alegre: Bookman. 2001.