

## **IMPLANTAÇÃO DE MICROCASSETE EM MAQUINA DE TREFILAR: UM ESTUDO DE CASO EM UMA SIDERURGICA**

Artur Assis  
Cleber Mateus  
Kleber Augusto  
Natália Fernandes

### **RESUMO**

Embora do ponto de vista tecnológico o processo de trefilação seja relativamente simples, muitas questões relacionadas ainda não são totalmente compreendidas. A redução do diâmetro do material é um exemplo clássico disso. O trabalho consiste na melhoria e execução da modificação de um equipamento de trefilação. Na concordância com o cenário organizacional é essencial que as empresas invistam em metodologia e ferramentas da qualidade, como estratégia de levantamento, identificação, interpretação e recurso para solução de problemas, sendo referencial de melhoria contínua dos processos de trabalho. Com a tecnologia e automação, são visíveis as melhoras e o sucesso organizacional, visto que a busca pela competitividade impõe às organizações a necessidade de contar com mudanças precisas, tornando assim aptos para fazer frente às ameaças e oportunidades do mercado. O presente trabalho consiste em buscar melhoria e execução de um equipamento de trefilação, a partir de modificações. A ideia principal é a substituição de componentes mecânicos e elétricos. Seu intuito foi aumentar os índices de disponibilidade, performance, qualidade e segurança, que permitiram aumentar a disponibilidade e eficiência do equipamento.

Palavras-chave: produtividade; automação; segurança

### **ABSTRACT**

Although from a technological point of view the drawing process is relatively simple, many related issues are still not fully understood. Reducing the diameter of the material is a classic example of this. The job consists of improving and executing the modification of a wire drawing equipment. In accordance with the organizational scenario, it is essential that companies invest in quality

methodology and tools, such as survey strategy, identification, interpretation and resource for solving problems, being a benchmark for continuous improvement of work processes. With technology and automation, improvements and organizational success are visible, since the search for competitiveness imposes on organizations the need to count on precise changes, thus making them able to face the threats and opportunities of the market. The present work consists of seeking improvement and execution of a drawing equipment, based on modifications. The main idea is to replace mechanical and electrical components. Its purpose was to increase the availability, performance, quality and safety indices, which allowed to increase the availability and efficiency of the equipment.

**Keywords:** productivity; automation; safety

Rede de Ensino Doctum – Unidade Zona Norte – arturaassisjf@gmail.com – graduando em Engenharia de Produção

Rede de Ensino Doctum – Unidade Zona Norte – mateus\_cleber@hotmail.com – graduando em Engenharia de Produção

Rede de Ensino Doctum – Unidade Zona Norte – kleberferigato84@gmail.com – graduando em Engenharia de Produção

Rede de Ensino Doctum – Unidade Zona Norte – Prof.natalia.pinto@doctum.edu.br

## 1 Introdução

Hoje em dia, arames de material de diversas seções metálicas são produzidos quase que sua maioria a partir do processo de trefilação. As aplicações para estes produtos trefilados são diversas e vão desde as aplicações mais comuns do dia a dia, tais como a confecção de parafusos, pregos, fabricação de cliques para papel, corda para instrumentos musicais até a indústria aeroespacial. Já na indústria da construção civil, os arames estão presentes na fabricação de barras e arames lisos ou farpados e na indústria eletroeletrônica, eles estão presentes na produção de cabos e fios elétricos presentes nas bobinas dos transformadores e motores. Destaca-se também a utilização de arames finos para implantes na área de medicina, que exigem rigor em suas propriedades e precisão dimensional. É evidente que a obtenção desses produtos requer o conhecimento prévio não apenas das características do produto que se deseja fabricar, mas também das características do processo de trefilação, dos

esforços empregados, das ferramentas a serem utilizadas e das características do material a ser produzido.

Assim as grandes empresas, buscam cada vez mais uma melhora continua em seus processos de produção por conta do aumento gerado pela competitividade e globalização, cada vez mais as empresas estão preocupadas em otimizar seus processos, obtendo ganhos em segurança, qualidade e produtividade. Sendo assim “À medida que as operações melhoram o seu desempenho, o desempenho que mais interessa é o que leva a operação a superar os níveis de desempenho atingidos pelos concorrentes”. (SLACK, 1993, p. 597).

O objetivo deste trabalho será apresentar um estudo de caso demonstrando a eficiência de um equipamento antes e depois da implantação de novo laminadores (Microcassetes). Comparar os dados apresentados no estudo de caso e demonstrar as vantagens e desvantagens do novo sistema, demonstrar o processo de automatização do equipamento, abordar os benefícios para a saúde e segurança do trabalhador. Propor melhorias nos processos internos e otimização de recursos da empresa gerando ganhos na produção, disponibilidade do equipamento e priorizando a segurança do trabalhador. O presente trabalho utiliza uma abordagem de pesquisa aplicada, pois o estudo desenvolvido será empregado na realidade diária da empresa. Como Vergara (2005, p. 45) bem explica, “a pesquisa aplicada é fundamentalmente motivada pela necessidade de resolver problemas concretos, mais imediatos.”.

Com todo o projeto concluído se espera aumento de produção através da redução de troca de fieiras e arrebitamentos, além da diminuição do consumo de sabão. Estima-se um ganho de 10% de tempo disponível de produção, com um aumento de 72h de produção mês gerando um ganho de 60ton mensal.

## **2 Referencial teórico**

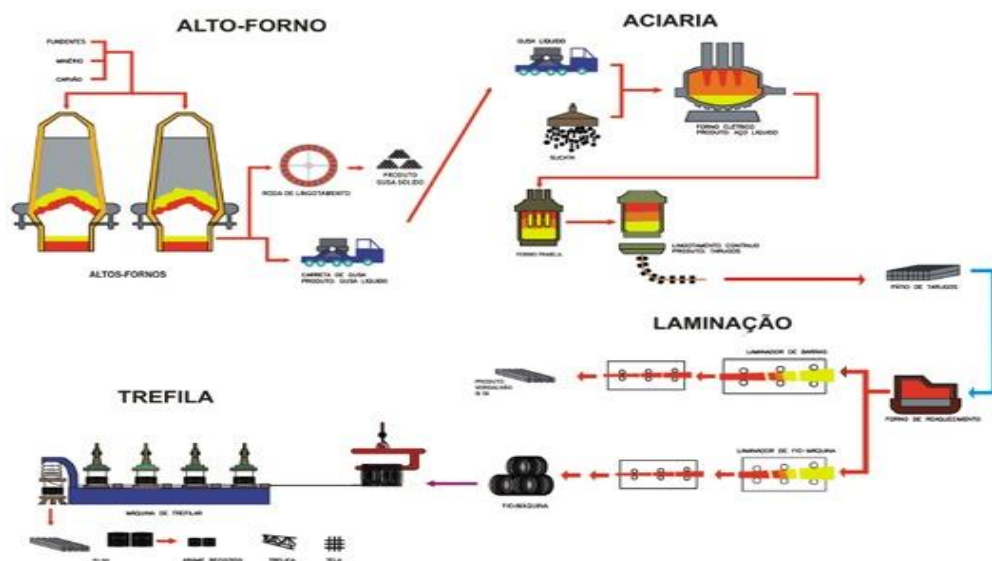
### **2.1 Metalúrgica – História do aço**

A fronteira entre o ferro e o aço foi definida na Revolução Industrial, com a invenção de fornos que permitiam não só corrigir as impurezas do ferro, como adicionar-lhes propriedades como resistência ao desgaste, ao impacto, à corrosão, etc. Por causa dessas propriedades e do seu baixo custo o aço passou a representar cerca de 90 % de todos os metais consumidos pela civilização industrial.

Na atual fase de desenvolvimento da sociedade, é impossível idealizar o mundo sem o aço. A produção de aço é um ótimo indicador para o estágio de desenvolvimento econômico de um país. Seu consumo cresce proporcionalmente à construção de prédios, realização de obras públicas, produção de equipamentos, instalação de meios de comunicação. Esses materiais já se tornaram corriqueiros no cotidiano, mas fabricá-los exige técnica que deve ser renovada de forma cíclica, por isso o investimento constante das siderúrgicas.

O início e o processo de aperfeiçoamento do uso do ferro representaram grandes desafios e conquistas para a humanidade (INSTITUTO AÇO BRASIL,2011).

Figura 1: Como acontece o processo siderúrgico



Fonte: sinobras (2011)

A figura 1 acima apresenta de forma ilustrativa uma ideia de como o processo siderúrgico acontece, desde a produção do aço gusa nos altos fornos até o material acabado.

## 2.2 Trefilação

A trefilação representa em tracionar um material através de uma matriz de dimensão conhecida e controlada (BUTTON, 2001). Equivale em forçar os rolos de fio-máquina a uma deformação a frio, através de um processo de “estiramento” do aço, como se refere a NBR 7480 (NBR 7480, 1996). Assim, os fios de aço são

submetidos a passar através de vários anéis ou fieiras, cujo diâmetro de entrada (em cada fieira) é maior que o diâmetro de saída.

O resultado é uma deformação microestrutural, com alongamento dos grãos simultaneamente ao esforço de tração, destacando a redução de seção do aço e uma orientação preferencial dos grãos, segundo a direção paralela ao esforço de tração (SHACKELFORD, 1996). Na fabricação de arames de aço, utiliza-se o fio-máquina como matéria-prima, e o seu diâmetro pode alterar de acordo com a especificação do produto final a ser obtido, principalmente devido aos equipamentos que a indústria possui. O fio-máquina, antes de ser trefilado, será decapado mecanicamente para retirada da carepa; antes de entrar no primeiro passe, ele passa por uma corda ou escova que visa retirar mais ainda a carepa.

Cada máquina possui uma ordem de redução de área que é conhecida como passes de trefilação. Em cada passe, o material sofrerá uma perda de área, até que, no último passe, lhe será conferido o diâmetro final. Não se recomenda um restringimento de área entre um passe e outro maior do que 30%. Segundo (Wright, 2002), o percentual máximo de redução recomendado pela America Wire Gage é de 20,7%, porém, na prática, se utiliza 30 a 35%, dependendo da condição do processo. O autor cita, ainda, em seu trabalho que, na trefilação de arames muito finos, costumam-se utilizar frequentemente diminuições nos percentuais de redução, desde que a força de trefilação esteja em equilíbrio com prováveis problemas de quebras, que têm como origem, por exemplo, inclusões existentes, defeitos.

Em cada passe, têm-se um lubrificante e uma matriz conhecida como fieira, que é usualmente constituída de uma carcaça metálica com núcleo de metal duro. Esse núcleo de dimensão controlada é que dará a forma do produto naquele passe. No momento em que a fieira não consegue mais manter o dimensionamento inicial, devido ao desgaste natural do processo, ela deve ser trocada por outra de mesmo padrão dimensional anterior. A pressão exercida pelo processo de trefilação na fieira é muito significativo. Seu efeito pode influenciar na redução da vida útil da fieira e má qualidade superficial do arame. Ela pode ser considerada como a força por unidade de área que o arame exerce sobre a superfície da fieira, e muito difícil de ser medida diretamente (WRIGHT, 2003).

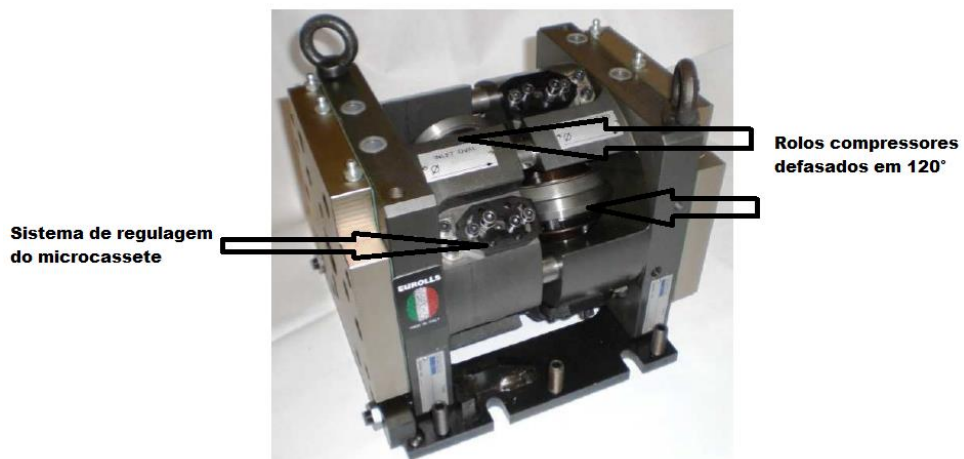
Em cada fieira, se tem um sistema de refrigeração, para impedir que o calor gerado pelo atrito desta com o material sendo trefilado cause um aumento excessivo de temperatura. Uma temperatura alta durante o processo causa diminuição na vida

útil da ferramenta e prejudica a lubrificação e as propriedades finais do produto (EL-DOMIATY & KASSAB, 1998). A temperatura ainda pode conter o projeto de reduções por passe. Deve-se levar em conta uma dada tensão de trefilação que precisa estar vinculada à real tensão de trabalho e à geração de calor (WRIGHT, 2002).

### 2.3 laminadores microcassetes

O microcassete é um equipamento composto por seis rolos de compressão, montados em dois suportes, sendo cada um com três rolos defasados em  $120^\circ$  entre si. Os dois suportes são fechados de modo a formar um conjunto único com seis rolos. O equipamento serve para substituição da fieira, trazendo grandes vantagens para a produção, promete menor tempo de máquina parada para reparos, além disso, um menor consumo de energia durante o processo de produção. A figura 2 mostra um conjunto de microcassete montado para aplicação na máquina de trefila. Visualizam-se os rolos de compressão e sistema de calibração do microcassete. Os fatores que mais influenciam no comportamento mecânico de um material que sofre conformação por um cassete laminador são: composição química do material conformado, relação entre diâmetro inicial e final, coeficiente de atrito entre 24 rolos e arame trefilado, força de rolamento, força de conformação, superfície de contato do rolo, raios ou forma do rolo laminador, temperatura de conformação e velocidade de conformação (ALTAN, 1999).

Figura 2: Conjunto microcassete montado visualizando-se o sistema de regulagem e roletes compressores. (EUROLLS 2005)



## 2.4 Manutenção

Segundo Monchy (1987), a manutenção dos equipamentos de produção é um elemento chave tanto para a produtividade das empresas quanto para a qualidade dos produtos. É um desafio industrial que implica rediscutir as estruturas atuais inertes e promover métodos adaptados à nova natureza dos materiais. Monchy (1987), ainda faz uma boa comparação entre a saúde humana e a saúde da máquina, afirmando que a manutenção é a “medicina das máquinas”.

Dentro da manutenção temos:

- **Manutenção corretiva:** Constitui a forma mais cara de manutenção quando encarada do ponto de vista global da manutenção do sistema, pois além de paralisar o equipamento de forma imprevista gera custos e indisponibilidade de produção na máquina. Segundo Silva (2004), é comum a adoção da manutenção corretiva para algumas partes menos críticas dos equipamentos, porém é preciso dispor dos recursos necessários – peças de reposição, mão-de-obra e ferramentas para agir rapidamente, ou seja, a manutenção corretiva pode ser aplicada para equipamentos que não comprometam o sistema ou a integridade física do usuário
- **Manutenção Preventiva:** Ela é uma manutenção programada, que é baseada nos históricos de quebras em funcionamento, ou das revisões periódicas realizadas. A ideia central é diminuir, eliminar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo, que geralmente são estabelecidos em manuais técnicos. Segundo Martins (2008), a manutenção preventiva representa um conjunto de atividades que visa evitar falhas nas instalações, com o comprometimento do seu desempenho
- **Manutenção Preditiva:** esta manutenção é uma filosofia ou atitude que usa a condição operacional real de equipamentos e sistemas para aperfeiçoar a operação total. Assim quando o grau de degradação se aproxima ou atinge o limite estabelecido para a variável monitorada, é tomada a decisão de intervenção. Desse modo, Corrêa e Corrêa (2006) explicam que a manutenção preditiva é geralmente aplicada quando existe a possibilidade de monitoramento de condições que determinem a falha, como ruídos, temperaturas ou vibrações, ou ainda, quando a manutenção for excessivamente dispendiosa.

## **2.5 Engenharia de manutenção**

É responsável pela identificação de falhas e de suas causas, eliminando o mau desempenho de forma ágil, estratégica e eficiente. Ela auxilia também no desenvolvimento de ferramentas e/ou procedimentos que ajudam na padronização de processos, procurando sempre inovar e facilitar a disponibilidade e produção do equipamento. A engenharia de manutenção está unida a uma mudança cultural, uma quebra de padrão, muito ligada a implantação de melhorias contínuas e mudanças no dia a dia das atividades da área de manutenção.

A aplicação da engenharia de manutenção implica na análise e proposta de aperfeiçoamentos, aplicando os dados que o sistema de preditiva colhe e armazena, ou seja, a engenharia de manutenção usa dados adquiridos pela manutenção, com o objetivo de melhoria contínua. Para tanto, visa aumentar a confiabilidade, disponibilidade, manutenibilidade e segurança; eliminar problemas crônicos e solucionar problemas tecnológicos; melhorar a capacitação própria e gerir materiais e sobressalentes; dar suporte à execução e fazer análise de falhas; elaborar planos de manutenção, acompanhar indicadores e cuidar da documentação técnica (KARDEC e NASCIF, 2009).

## **2.6 Sistemas de produção**

As empresas geralmente são estudadas como um sistema que transforma, via um processamento, entradas (insumos) em saídas (produtos) úteis aos clientes. Este sistema é chamado de sistema produtivo (TUBINO, D.F., 2007). Segundo Vollman E.T. et al. ,2006 , o sistema produtivo é uma entidade que estrutura um conjunto de recursos econômicos, tecnológicos, físicos, humanos e financeiros em materiais, instalações, equipamentos, procedimentos e processos, visando modificar recursos naturais, obtidos direta ou indiretamente através de fornecedores que lhes atende, em produtos que adequa à necessidade de seus consumidores, agregando valor através do trabalho humano, de outros recursos naturais e de bens e serviços, ao mesmo tempo em que atende, em diferentes graus e naturezas, às necessidades sociais, econômicas e financeiras do universo de agentes envolvidos.



Moreira (2009) define “sistema de produção” como o conjunto de atividades e operações inter-relacionadas envolvidas na produção de bens (caso de indústrias) ou serviços. Distinguem-se no sistema de produção alguns elementos constituintes fundamentais. São eles os insumos, o processo de criação ou conversão, os produtos ou serviços e o subsistema de controle.

## **2.7 Melhorias da produção**

A melhoria do desempenho da produção consiste no aperfeiçoamento constante das operações, tornando-se um objetivo contínuo para busca de competitividade e produtividade. Deixar de adotar melhorias, de forma a acompanhar pelo menos os concorrentes ou deixar de adotá-las segundo um ritmo que atenda às expectativas crescentes dos consumidores, é condenar a função produção a manter-se sempre distante das expectativas da organização. Corrêa; Corrêa (2005) comentam que em um mundo dinâmico com mudanças que podem ser até drásticas, com concorrentes cada vez mais competentes, torna-se impossível para as empresas permanecerem competitivas caso prefiram fazer as coisas do mesmo jeito por longo período, logo a única saída é melhorar.

Slack (1993) comenta que é necessário estabelecer as prioridades de melhoramento com base na decisão sobre qual objetivo de desempenho requer atenção: necessidades dos clientes e desempenho e atividades dos concorrentes.

Considerar as necessidades dos consumidores significa para a produção que, o que o consumidor considerar importante, a produção também deverá considerar, ou seja, os consumidores definem a importância dentro da operação. Já o papel dos concorrentes, é servir de comparação para a operação fazer julgamentos quanto ao seu desempenho. “À medida que as operações melhoram o seu desempenho, o desempenho que mais interessa é o que leva a operação a superar os níveis de desempenho atingidos pelos concorrentes”. (SLACK, 1993, p. 597).

Tanto a importância como o desempenho precisam ser vistos juntos para se julgar as prioridades de objetivos. Isto é consolidado pela “matriz importância desempenho”, que “posiciona cada fator competitivo de acordo com seus escores ou classificações nesses critérios”. (SLACK , 1993, p.598).

Para Slack (1993) dividir a matriz em quatro zonas (adequada, melhoramento, ação urgente e excesso) resulta em estabelecimento de prioridades muito distintas.

A zona adequada representa as operações empregadas de forma satisfatória, a zona de melhoramento são os fatores de produção que requerem atenção para o uso de técnicas de melhoramento, a zona de ação urgente são os fatores importantes para os clientes, mas cujo o desempenho da empresa está sendo inferior a concorrência, e a zona de excesso, são os fatores de alto desempenho da empresa, mas que não são importantes para os clientes e os profissionais responsáveis, deverão se perguntar se há recursos dedicados a atingir este desempenho que não poderiam ser alocados em outro lugar.

Depois de determinar o que será prioritário no processo de melhoria, é preciso escolher qual estratégia deverá ser utilizada para execução do processo de melhoramento.

## **2.8 Automação**

A tecnologia é responsável pela administração de todos os recursos organizacionais que estão ligados ao ato de automatizar, tendo como objetivo satisfazer as necessidades de comunicação, segurança e comodidade diária das pessoas. A automação de algum serviço vem da necessidade do homem de realização das atividades cotidianas, profissionais ou de entretenimento, com a minimização de esforços, pois tudo que está ligado à tecnologia, basicamente, está relacionado à melhoria da vida humana.

O desenvolvimento da tecnologia, nas últimas décadas, vem afetando todos os setores da atividade humana, proporcionando maior agilidade de comunicação, reduzindo esforços nas rotinas diárias, sobretudo ampliando as possibilidades de acesso à informação. Para Neves e Sales (2006, p. 1), “[...] a informação é um elemento que vem sendo tratado como imprescindível para o convívio social.” Sendo está um bem comum e representa um elemento de integração social que depende de estruturas de comunicação.

## **2.9 Eficiência e ganho de produção**

O chão da fábrica é um excelente indicador de eficiência e produtividade. A falta de processos, treinamentos ou até mesmo negociações mais inteligentes, impactam diretamente a produtividade de uma indústria. Uma estratégia de aumento de produtividade envolve a diminuição de custos, a eliminação de desperdícios, o aumento da velocidade e o incremento na performance.

O conceito de produtividade foi introduzido e desenvolvido nas organizações para auxiliar, avaliar e melhorar seu desempenho. Inicialmente, a produtividade era calculada pela razão entre o resultado da produção e o número de empregados. Outras formas de medir a produtividade apareceram ao longo do tempo, quando era comparado o resultado da produção com a utilização de outros recursos, por exemplo, energia, matéria-prima, insumos, entre outros (SINGH et al., apud KING, 2007).

## **2.10 Segurança no trabalho**

A Segurança e Saúde no trabalho pode ser definida como a busca pela segurança do trabalhador durante as atividades desenvolvidas pelos mesmos (BARBOSA, 2011). Além disso segundo Zocchio (2002) pode ser ações tomadas com intuito de prevenir acidentes e doenças ocupacionais. Já Cardella (2010) complementa que a segurança é um conjunto de técnicas utilizadas para atenuar os riscos existentes em um ambiente de trabalho que quanto maior for a segurança, menor será os riscos de acidentes. Contudo, pode ainda ser entendida como a junção de normas e procedimentos que implicam na execução de uma determinada atividade de forma segura e sem danos aos colaboradores, bem como a estrutura física da organização (CHIAVENATO, 1999).

A Segurança do Trabalho é caracterizada como o conjunto de medidas técnicas, médicas, educacionais e psicológicas utilizadas para prevenir qualquer tipo de acidentes sejam por eliminar e/ou minimizar ambientes em condições inseguras, para tanto promovendo treinamentos e/ou criando mecanismos que direcionem as pessoas a adotarem práticas preventivas de segurança (CHIAVENATO, 2004). O autor ainda conceitua que a segurança do trabalho está diretamente relacionada com as condições saudáveis do ambiente laboral de trabalho.

### **3. Metodologia**

O presente trabalho utiliza uma abordagem de pesquisa aplicada, pois o estudo desenvolvido será empregado na realidade diária da empresa. A pesquisa aplicada é fundamentalmente motivada pela necessidade de resolver problemas concretos, mais imediatos. Portanto, tem finalidade prática, ao contrário da pesquisa pura, que é basicamente motivada pela curiosidade intelectual do pesquisador e situada, sobretudo no nível da especulação (Vergara 2005, p. 45).

A pesquisa tem caráter qualitativo por ser centrada na realidade da empresa, além de ser bibliográfica documental e de campo. Pesquisa de campo é investigação empírica realizada no local onde ocorre o fenômeno, inclui entrevistas e aplicação de questionários. Pesquisa documental é baseada em registros, anais, regulamentos, comunicações informais, entre outros. E pesquisa bibliográfica é baseada em livros, revistas, jornais, redes eletrônicas, entre outros (VERGARA, 2010).

Quanto ao método, foi utilizado o pesquisa-ação, que é um tipo particular de pesquisa onde o pesquisador (autores do trabalho) intervém de maneira participativa na realidade observada (equipamento estudado). Quanto aos fins é, portanto, intervencionista (VERGARA, 2010).

#### **3.1. Estudo da Empresa**

A Empresa usada como objeto de estudo para o presente artigo foi uma organização do ramo siderúrgico multinacional, a Arcelor Mittal é uma empresa que surgiu em 2006 com a fusão da Steel Company e Arcelor, hoje ela é a maior produtora de aços longos do Brasil, e atua em cinco estados no país que são eles, Minas Gerais, Mato Grosso, Bahia, Rio de Janeiro e São Paulo, hoje ela é líder como fornecedora principal de arame para a indústria e Agronegócio. Uma empresa que atualmente se destaca na busca de cada vez mais ser autossustentável. Atualmente ela está presente em 160 países e com uma gama de cerca de 190 mil funcionários, sendo que no Brasil são cerca de 17 mil funcionários diretos.

Hoje a empresa busca investimento no ramo de pesquisa para desenvolver produtos e processos cada vez mais eficientes, para que consiga alcançar formas mais vantajadas de se conquistar maior valor e qualidade para a empresa, assim assegurando um crescimento futuro dentro do seu mercado atuante.

### **3.2. Definição das etapas da Metodologia**

Após o estudo apresentado pelos gestores sobre a realidade da produção de recozido no equipamento estudado, identificou-se a necessidade de melhoria, para ganho de produção e na disponibilidade do equipamento, foram elaboradas as etapas do trabalho em questão:

- Etapa 1: Reunião com a gerência da empresa.
- Etapa 2: Realização de pesquisa bibliográfica.
- Etapa 3: Coletar de dados fornecido pela empresa.
- Etapa 4: Pesquisa de campo no chão de fábrica.
- Etapa 5: Compilar informações coletadas.
- Etapa 6: Mostrar melhorias e resultados.

#### **3.2.1. Reunião com a Gerência**

Nesta primeira etapa da metodologia, foi realizada uma reunião com a gerência da empresa, para pedir autorização e realizar o estudo do trabalho que será apresentado.

#### **3.2.2. Realização de pesquisa bibliográfica**

Esta segunda etapa, consiste na fase inicial de todo trabalho científico ou acadêmico, com o objetivo de reunir as informações e dados coletados de pesquisas realizadas em trabalhos publicados, leitura, análise e interpretação de livros. Uma pesquisa bibliográfica tem por objetivo conhecer diferentes contribuições científicas disponíveis sobre um determinado assunto.

#### **3.2.3. Coletar de dados fornecido pela empresa**

Na terceira etapa foi fornecido pela empresa, várias informações importantes do projeto, dados como disponibilidade, eficiência e produtividade da máquina, antes da modificação do equipamento, e também uma estimativa de como ficaria esta disponibilidade, eficiência e produtividade após a implantação do novo projeto.

### **3.2.4. Pesquisa de campo no chão de fábrica**

Esta etapa foi realizada através de entrevistas com operadores e técnicos de manutenção que trabalham em uma escala de 3 letras, para ouvir deles o que acharam do projeto implantado na área em que eles atuam. Foi feito também uma reunião com alguns responsáveis por elaborar este projeto, para mais informações sobre o que se foi feito no equipamento e em seguida uma visita ao equipamento para registros fotográficos.

### **3.2.5. Compilar informações coletadas**

Já na etapa cinco foi feito a organização dos dados coletados, analisado todo o material que estavam em mãos, definidos o que se era importante para enriquecimento do trabalho e colocar no papel tudo o que foi registrado, coletado e pesquisado durante toda a elaboração deste trabalho.

### **3.2.6. Mostrar melhorias e resultados**

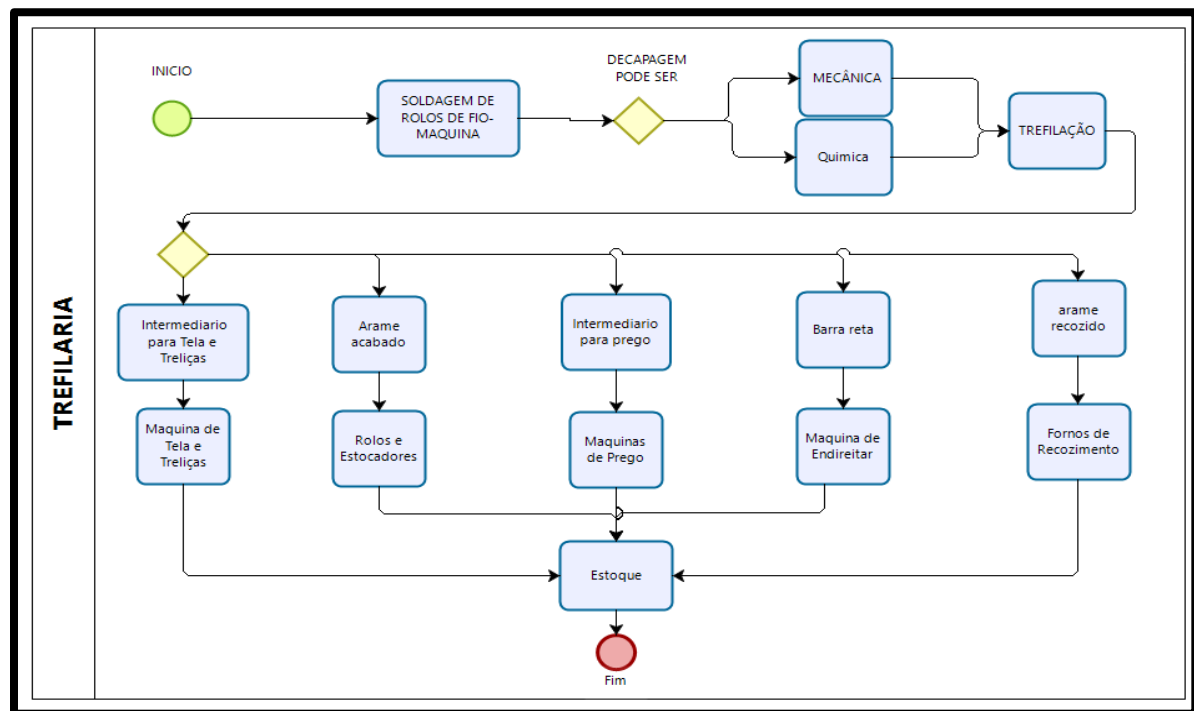
Baseado nos dados coletados e fornecido pela a empresa, foi possível ver a aplicabilidade de alguns conteúdos estudados durante a graduação de engenharia de produção.

## **4. Análise dos Resultados**

A trefilação foi destacada pelos gestores da empresa como a área a ser estudada, pois segundo os envolvidos “ela que apresenta maiores oportunidades de melhoria” em relação à atuação da manutenção, aumento de produção, segurança do trabalhador e disponibilidade do equipamento, por conta de suas constantes quebras e falhas, levando a uma baixa disponibilidade. Portanto, foi decidido desenvolver o presente trabalho nessa área, devido existir outros equipamentos idênticos.

Trata-se de uma modificação em um equipamento, mudando o sistema de redução do material, de feiras para microcassetes, lubrificação centralizada, refrigeração independente e escovadeira para os novos cassetes. A figura 3 demonstra o processo de trefilação desde a entrada do fio máquina até ser estocado.

Figura 3 – Processo funcionamento de uma trefilaria descrito pelos autores desde a entrada do material na máquina, até ser estocado



Fonte: Elaborado pelos autores.

#### 4.1. Equipamento de estudo sem melhoria

O equipamento em questão se trata de uma máquina de trefilar da empresa alemã Koch, é um equipamento composto por 13 passes aonde o fio máquina sofre sua redução através de fieiras, com fio máquina de 5,5 mm na entrada e 1,24mm no produto final, destinado para produção de arame recozido. A figura 4 demonstra o processo de redução por fieira.

Figura 4: processo de redução de fio máquina por fieiras



Fonte: Foto tirada pelos autores.

A figura 4, demonstra o processo de redução aonde o arame vai de um passe para outro, passando pela redução através de fieiras, lubrificado por sabão utilizado no processo, que é um agente químico que pode trazer problemas respiratórios. Esse processo não é tão vantajoso devido ao alto gasto com troca de fieiras, consumo de sabão, parada por arrebitamento, exposição do colaborador aos riscos do equipamento durante as trocas de fieiras e exposição ao sabão do processo.

As tabelas 1 e 2 demonstram os dados do processo do equipamento estudado, ainda sem melhoria.

**Tabela 1- Dados do equipamento Koch referentes a 2019**

Atuais	Sabão	Código	Consumo Mês (Kg)
X	SABÃO DP 9052	7029123	500
X	CONDAT VICAFIL (Azul)	29850	1000
X	VICAFIL 2033	19115248	3000
X	SABÃO X2G bag	7053924	8000
X	VICAFIL LM728 G (molhada)	7336207	200 - Quando chove

Fonte: Elaborada pelos autores.

A tabela 1 descreve os tipos de sabão utilizados no processo para lubrificação do material, o seu consumo mensal e código interno para efetuar compras.



**Tabela 2 – Dados do equipamento Kock referente a 2019**

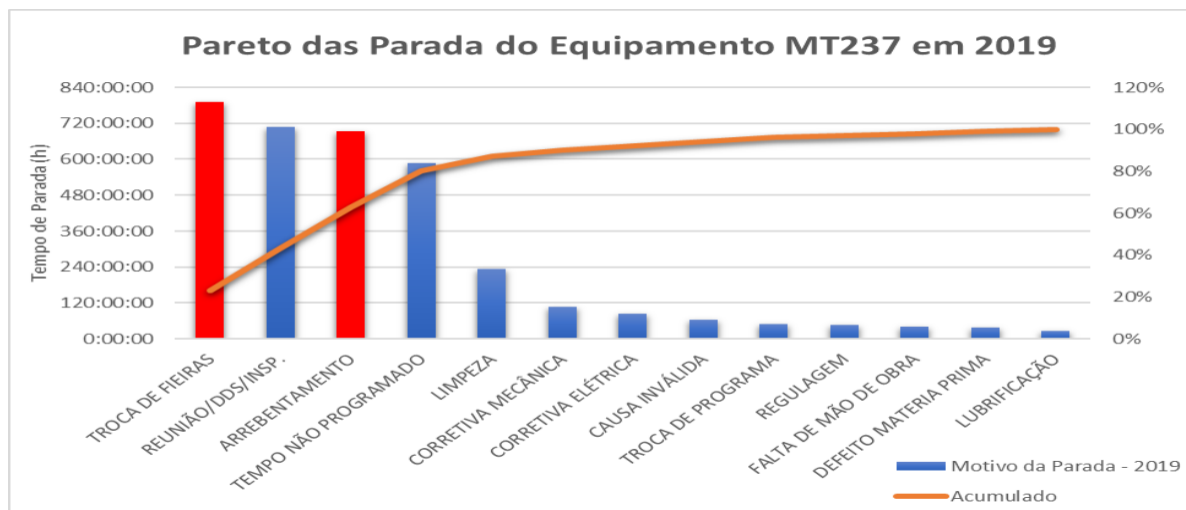
<b>Dados de produção Real – 2019</b>	
Velocidade de operação	Max 17,5 m/s
Produção/dia	9,6 ton
Produção/turno	3,2 ton
Eficiência média	63,5%
Disponibilidade de Manutenção	90%

Fonte: Elaborada pelos autores

A tabela 2 mostra dados fornecidos pela empresa no ano de 2019, que demonstra a velocidade de operação, produção diária, por turno e mensal. Juntamente com a eficiência média operacional do equipamento e sua disponibilidade de manutenção.

O gráfico representado pela figura 5, mostra os principais motivos de parada do equipamento, será destacado os problemas com arrebitamento e troca de feiras as quais representa 43%.

Figura 5: Gráfico com resultados do equipamento no ano de 2019



Fonte: Elaborada pelos autores

Como o foco será nos problemas ocasionados por arrebitamento e troca de feiras, pode-se identificar nos dados da tabela 3, a comprovação que essas duas falhas eram os maiores motivos de parada do equipamento, assim atrapalhando a eficiência da produção no ano de 2019 e anos passados. Com base nesses dados

foi possível verificar que seria necessária uma troca no equipamento para melhoria da sua disponibilidade e funcionalidade durante os turnos de produção.

**Tabela 3 – Maiores paradas operacionais no ano de 2019**

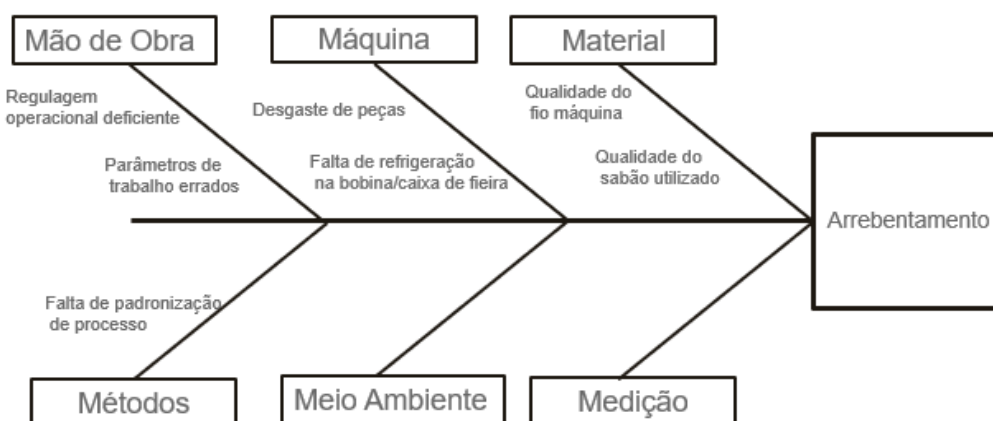
Paradas acumuladas no ano de 2019		
MOTIVO	Nº paradas	HORAS DE PARADA
<b>ARREBENTAMENTO</b>	1998	694:29:44
<b>TROCA DE FIEIRAS</b>	1593	791:54:48

Fonte: Elaborada pelos autores

A tabela 3 mostra o número de paradas e a quantidade em horas durante o ano, com os dois principais motivos.

Através do diagrama de causa e efeito nas figuras 6 e 7 é possível verificar o que foram as causas para essas paradas ocasionadas por arrebetamento e por troca de fieiras. É nítido que as causas são parecidas e na sua maioria foram por causa de problemas acometidos pelo próprio equipamento.

Figura 6: Análise de arrebetamento.

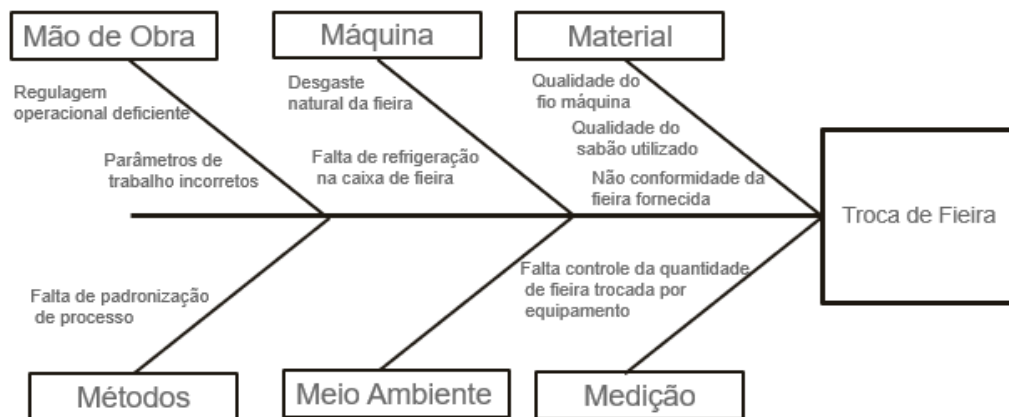


Fonte: Elaborada pelos autores

Para o arrebetamento do arame, sete causas principais foram levantadas em consideração. Duas referente a mão de obra, duas em máquina, duas em material e uma em métodos. Primeira causa em mão de obra temos regulagem operacional deficiente, isso acontece quando falta conhecimento operacional na regulagem do equipamento. A segunda causa em mão de obra e parâmetros de trabalho errados, também por falta de conhecimento operacional são inseridas regulagens erradas no equipamento ocasionado o arrebetamento. Em máquinas temos a terceira causa o

desgaste de peças, ocorre devido ao desgaste de componentes do equipamento onde o arame passa. Quarta causa também em máquina, falta de refrigeração nas bobinas e caixas de fieiras, estes componentes ficam com temperaturas elevadas ocasionadas por entupimento do sistema. Em material temos a quinta causa, qualidade do fio máquina, o material fornecido para processo as vezes chega com problemas de avarias do arame ou na composição do material. Também em material temos a sexta causa, qualidade do sabão utilizado, o sabão para o processo de trefilação é de baixa qualidade, não lubrificando o arame, assim ocasionando o arrebitamento. A sétima e última causa em métodos, falta de padronização de processo, acontece por falta de procedimentos operacionais bem elaborados para que seja seguido um padrão operacional.

Figura 7: Análise de troca de fieira.



Fonte: Elaborada pelos autores

Para troca de fieiras, nove causas principais foram levadas em consideração. Duas referente a mão de obra, duas em máquina, três em material, uma em métodos e uma em medição. Primeira causa em mão de obra, temos regulagem operacional deficiente, isso acontece quando falta conhecimento operacional na regulagem do equipamento levando a troca da fieira. A segunda causa, em mão de obra e parâmetros de trabalho errado, também por falta de conhecimento operacional são inseridos parâmetros errados no equipamento ocasionado o arrebitamento levando a troca das fieiras. Em máquinas temos a terceira causa, desgaste natural das fieiras.

Quarta causa também em máquina, falta de refrigeração das caixas de fieiras, estes componentes ficam com temperaturas elevadas ocasionada por entupimento do sistema. Em material temos a quinta causa, qualidade do fio máquina, o material fornecido para processo as vezes chega problemas de avarias do arame ou na composição do material. A sexta causa em material, qualidade do sabão utilizado, acontece quando o sabão para processo de trefilação e de baixa qualidade, não lubrificando o arame ocasionando o desgaste da fieira. A sétima causa também em material, a não conformidade da fieira fornecida, os fornecedores as vezes mandam as fieiras fora do padrão. A oitava causa em métodos, falta de padronização de processo, acontece por falta de procedimentos operacionais bem elaborados para que a operação possa seguir um padrão evitando as trocas de fieiras desnecessárias. Nona e última causa, falta controle da qualidade de fieiras trocadas por equipamentos, neste caso o controle de qualidade e o armazenamento das fieiras devem ser bem feitos para que a operação não coloque fieiras erradas no equipamento.

Ao se comparar os dois diagramas é nítido que as causas são as mesmas na sua maioria, com exceção na troca de fieiras que junta-se também o fato de “Falta de controle de qualidade de fieira trocada por equipamento”, ou seja, o controle que deveria ser feito não acontecia e assim acumulando mais um motivo para as falhas no equipamento.

#### **4.2 Equipamento modificado.**

Como as paradas que geram grandes influencias na produção são inerentes do processo de utilização de fieiras, assim foi necessário buscar uma solução que renovasse o processo. Com isso foi proposto a substituição das caixas de fieira por laminadores microcassetes, figura 8, que são equipamentos mais modernos que não utilizam de sabão para seu funcionamento, eles são mais econômicos e prometem menor tempo e máquina parada para manutenção e velocidade de produção de 21,8 m/s.

Figura 8: Representa o laminador microcassete



Fonte: Foto tirada pelos autores

Foi feito a inserção de um sistema de escovadeira, figura 9, que irá trazer ao processo uma melhora na qualidade do fio máquina, aonde criará micro porosidades no arame, o que acarretará em uma melhor aderência do sabão lubrificante utilizado no primeiro passe.

Figura 9: Novas escovadeiras



Fonte: Foto tirada pelos autores.

As escovadeiras foram modificadas para atender as novas demandas com a implementação do micro cassetes, com isso a figura 9 mostra como ficou o

equipamento depois da mudança. Para que isso fosse possível houve a substituição do segundo decapador por essas escovadeiras.

Figura 10: demonstra a troca das caixas de feiras pelos microcassetes



Fonte: Fotos tiradas pelos autores

A figura 10 mostra que no lugar das caixas de sabão foram incorporados os microcassetes e as proteções para preservação.

Para melhor funcionamento do projeto foi instalado a central de lubrificação conforme figura 11 que irá bombear graxa a uma pressão de trabalho de 6bar e uma vazão de  $0,25\text{cm}^3$  por bico a cada 30 toneladas. Para a refrigeração foi instalado um chiller, onde será utilizada água desmineralizada a temperatura de saída de  $23^\circ$ , com uma vazão de trabalho de  $7,2\text{m}^3/\text{min}$ .

Figura 11: Mostra painel e bomba para lubrificação automática e o chiler para refrigeração dos microcassetes.



Fonte: Fotos tiradas pelos autores

### 4.3 Resultados obtidos

Abaixo os ganhos com a instalação dos microcassetes demonstrado na tabela 4 abaixo.

**Tabela 4 – Parâmetros ótimos de processo**

Parâmetro	Microcassete	Caixa de fieiras
Produção	Alto	Médio
Consumo de fieira	Nenhum	Alto
Arrebatamento	Baixo	Médio
Consumo de sabão	Nenhum	Alto
Regulagem operacional	Baixo	Baixo
Lubrificação	Alto	Nenhum
Refrigeração	Alto	Médio

Fonte: Dados internos da empresa.

Os resultados com a instalação do Microcassete no equipamento, já é possível identificar os ganhos, considerando as duas principais causas de parada levantadas anteriormente (arrebatamento e troca de fieira), conforme mostra a tabela 5.

**Tabela 5 – Comparação de resultados**

KPI	Meta Antiga	Meta Atual	Ganho
Eficiência	63,5%	70%	6,5%
Produção/dia	9600 Kg	13184 Kg	37,33%
Disponibilidade	90%	95,83%	5,83%

Fonte: Dados Internos da empresa

A tabela 5, ressalta que a eficiência do equipamento teve um ganho em relação ao ano de 2019, isso foi decorrente a troca do equipamento em questão. Assim a capacidade de produção aumentou cerca de 38%, são resultados que pode se julgar satisfatório para a empresa.

Os resultados obtidos até o momento são satisfatórios não só do ponto de vista produtivo, mas principalmente na parte de manutenção do equipamento, com o sistema de cassetes a refrigeração e circuito fechado dos blocos e lubrificação ficam por conta do equipamento, assim evitando problemas que antes eram desencadeados por conta de entupimento, falta de fixação nas porcas do equipamento, roletes de caixa de fieiras que traziam sérios problemas também.

O fabricante do equipamento garante a qualidade de funcionamento dos microcassetes por 6 meses sem manutenção, isso traz ganho porque faz com que o equipamento funcione mais, evitando paradas para manutenção corretivas. Trazendo um ganho com eficiência do equipamento, diminuindo paradas ocasionadas por arrebentamentos e troca de fieiras que já não acontece mais.

Alguns problemas que já foram identificados após a utilização do novo equipamento estão ligados somente a domínio dos colaboradores ao operar a máquina, mas em seu período de teste já foram identificados e a empresa já buscou mais treinamento para o pessoal que ali operam.

Um ganho importante que a troca do equipamento trouxe foi a segurança dos trabalhadores, agora com a exclusão do uso de sabão faz com que o risco de problemas respiratórios possivelmente ocasionados por conta do sabão, ser um produto muito químico, caiu significativamente. Além disso, a diminuição na



quantidade de paradas por problemas de arrebentamento e troca de feiras, faz com que os operadores de produção não tenham que ficar expostos ao risco de manutenção corretiva durante o turno de trabalho.

## **5 Considerações finais**

Através da pesquisa foi possível chegar a um resultado satisfatório para a empresa no seu setor de trefilaria, o desgaste do equipamento antigo ficou visível e a busca pela sua troca foi necessária para que trouxesse maior aproveitamento e eficiência de produção. Os resultados apresentaram que o arrebentamento e as trocas de feiras faziam com que o tempo de absenteísmo do equipamento gerasse uma perda significativa da capacidade de produção. Portanto conclui-se que o investimento a nova alternativa de equipamento foi válido, pois apresentou resultados que satisfazem a equipe e a empresa como um todo, trazendo um ganho em eficiência, diminuição das paradas de troca de feira, arrebentamentos e regulagem. Os analistas buscam ainda a melhoria em alguns pontos para que o resultado seja ainda melhor, mas já é possível quantificar que o projeto atingiu a expectativa esperada em vários pontos.

## **Referências**

- ABREU, J. **Normalização e 20 anos de TIB no Brasil**. In: BRASIL, MCT; CNI; SENAI; INSTITUTO EUVALDO LODI. **Tecnologia Industrial Básica: Trajetórias, Tendências e Desafios no Brasil**. Brasília, 2005.
- ALTAN, T. et. al. **Conformação dos Metais: Fundamentos e Aplicações**. São Carlos, EESC-USP, 1999.
- BARBOSA, Antônio N. Filho. **Segurança do Trabalho e Gestão Ambiental**. 4ª ed. São Paulo, Atlas, 2011.
- CHIAVENATO, Idalberto. **Recursos humanos: Edição Compacta**, 3 ed- São Paulo: Atlas 1999.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de Produção e Operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. São Paulo: Atlas, 2005.

DE BRITO, Eveline Carvalho. **AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DOS PARÂMETROS DE LAMINAÇÃO A FRIO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E MICROESTRUTURAIS DO AÇO SAE 1013 PARA PRODUÇÃO DO VERGALHÃO CA 60**. 2018. TCC (Bacharel em Engenharia Metalúrgica) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ CENTRO DE TECNOLOGIA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA METALÚRGICA E DE MATERIAIS CURSO DE ENGENHARIA METALÚRGICA, [S. I.], 2018.

FELÍCIO, Eduardo Alves. **ESTUDO DA IMPLEMENTAÇÃO DE CONCEITO DA PRODUÇÃO ENXUTA PARA REDUÇÃO DE RESÍDUOS EM UMA MANUFATURA DO RAMO SIDERÚRGICO**. 2014. TCC (Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Juiz de Fora, [S. I.], 2014.

FREITAS, Lais Fulgêncio. **ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO EM UMA PEQUENA EMPRESA DO SETOR METAL MECÂNICO DE JUIZ DE FORA COM BASE NOS CONCEITOS DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA E PREDITIVA**. Plano de Manutenção, [s. I.], 2016.

Groover, M. P. (2011). **Automação industrial e sistemas de manufatura** (3. ed.). São Paulo: Pearson Prentice Hall.

KARDEC, A.; NASCIF J. **Manutenção: função estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009. 384 p.

MONCHY, François. **A Função Manutenção: Formação para a gerência da Manutenção Industrial**. 1.ed. São Paulo: Ed. Durban, 1987. 424 p.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da Produção e Operações**: 2.ed. rev. e ampl. – São Paulo: Cengage Learning, 2009.

SOUZA, A.C. **MELHORIA NA ÁREA DE PRODUÇÃO**. 2018. TCC (Bacharel em Administração) - Fundação Pedro Leopoldo, [S. I.], 2018.

STAHLSCHMIDT, Marcelo Franzkowiak. **Estudo do processo de recozimento em linha de galvanização: Caracterização e implicações inerentes ao arraste de chumbo**. 2010. Dissertação (Programa de Pós graduação em Engenharia de

**Minas)** - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Escola de Engenharia, [S. l.], 2010.

ZOCCHIO, Álvaro. **Prática da Prevenção de Acidentes: ABC da Segurança do Trabalho**. 7.ed.Rev e ampl. São Paulo: Atlas, 2002.