UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

LAÍS LOPES DA SILVA

APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS *LEAN MANUFACTURING* PARA MELHORIA DE PERFORMANCE EM MÁQUINA EM UMA INDÚSTRIA DO SETOR DE ALUMÍNIO

CARUARU
2023

LAÍS LOPES DA SILVA

APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS *LEAN MANUFACTURING* PARA MELHORIA DE PERFORMANCE EM MÁQUINA EM UMA INDÚSTRIA DO SETOR DE ALUMÍNIO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.
Orientador: Profª. Drª Renata Maciel de Melo.

Área de concentração: Gestão da Qualidade.

CARUARU

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Silva, Lais Lopes da.
Aplicação de ferramentas lean manufacturing para melhoria de performance em máquina em uma indústria do setor de alumínio / Lais Lopes da Silva. - Caruaru, 2023.
41 p. : il., tab.

Orientador(a): Renata Maciel de Melo
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Engenharia de Produção, 2023.

1. Lean Manufacturing. 2. Melhorias. 3. Ferramentas. 4. Implementação. I. Melo, Renata Maciel de. (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

LAÍS LOPES DA SILVA

APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS *LEAN MANUFACTURING* PARA MELHORIA DE PERFORMANCE EM MÁQUINA EM UMA INDÚSTRIA DO SETOR DE ALUMÍNIO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia da Produção.

Aprovado em: 26/04/2023

BANCA EXAMINADORA

_____
Profº. Drª Renata Maciel de Melo (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

_____
Profº. Dr. Thalles Vitelli Garcez (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

_____
Profª. Drª Thárcylla Rebecca Negreiros Clemente (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me sustentar em cada momento e me dar forças para não desistir e, a toda minha família pelo apoio**.**

“Sei que podes fazer todas as coisas; nenhum dos teus planos pode ser frustrado”.

Jó 42:2

RESUMO

O ganho de performance de produtividade é o objetivo das organizações quando se trata em aplicação de ações e projetos de melhoria, visando atender maiores demandas, oferecendo um produto de melhor qualidade a um preço competitivo e, assim, se destacando frente à concorrência. O presente trabalho trata-se da aplicação de ferramentas *Lean Manufacturing* para melhoria de performance em máquina no setor de alumínio por meio de um estudo de caso. Foi realizada uma análise do cenário atual em termos de tempo improdutivo; posteriormente foram analisadas as causas que estavam associadas à baixa performance. A pesquisa tem por finalidade a redução de tempo de parada, a fim de que a máquina tenha mais disponibilidade para operar e assim processando um volume maior de material. Para tal objetivo foram aplicadas as ferramentas do *Lean Manufacturing* para Gerenciamento da Rotina Diária, junto à Gestão à Vista, e a padronização de processo. Em seguida, foram analisados dados dos meses da aplicação da pesquisa e foram obtidos resultados positivos e relevantes ao comparar com dados anteriores.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing*; Melhorias; Ferramentas; Implementação.

ABSTRACT

The gain in productivity performance is the objective of organizations when it comes to implementing actions and improvement projects, aiming to meet greater demands, offering a better quality product at a competitive price and, thus, standing out against the competition. The present work deals with the application of lean manufacturing tools to improve machine performance in the aluminum sector through a case study. An analysis of the current scenario was carried out in terms of unproductive time; later they were followed as causes that were associated with low performance. The research aims to reduce downtime, so that the machine has more availability to operate and thus processing a greater volume of material. For this purpose, lean manufacturing tools were applied to manage the daily routine, together with management, and process standardization. Then, data from the months of the survey application were analyzed and positive and relevant results were obtained when comparing with previous data.

Keywords: Lean Manufacturing; Improvements; Tools; Implementation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Representação Fluxograma etapas da pesquisa	21
Figura 2 –	Foto de Bauxita	23
Figura 3 –	Fluxo Processo Bayer	24
Figura 4 –	Chapas de Alumínio em Bobinas	26
Figura 5 –	Aplicação Diagrama de *Ishikawa*	28
Figura 6 –	Roteiro da Reunião de GRD	29
Figura 7 –	Quadro de Gestão à Vista	30
Figura 8 –	Gestão de Ações	30
Figura 9 –	Formulário Ronda 5S	31
Figura 10 –	Sequência de Padronização de Processo	32
Figura 11 –	Quadro *Kanban*	33

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Tempo de máquina parada em minutos março a maio 27

Gráfico 2 – Tempo de paradas em minutos março a julho 36

LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Evento Kaizen 34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

GRD	Gestão da Rotina Diária
JIT	*Just-in Time*
LEAN	*Lean manufacturing*
PCP	Planejamento Controle da Produção
TPM	*Total Preventive Maintenance*
VSM	Mapeamento do Fluxo de Valor
5S	*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO**	**14**
2	**JUSTIFICATIVA**	**15**
2.1	OBJETIVOS	16
2.1.1	**Objetivo geral**	**16**
2.1.2	**Objetivo específicos**	**16**
3	**REFERENCIAL TEÓRICO**	**17**
3.1	PRINCIPAIS FERRAMENTAS DO LEAN	18
3.1.1	**5 S**	**18**
3.1.2	**Kanban**	**18**
3.1.3	**Gerenciamento da Rotina Diária (GRD)**	**18**
3.1.4	**Trabalho Padronizado**	**19**
3.1.5	**Qualidade Total**	**19**
3.1.5.1	Diagrama de Ishikawa	19
3.1.5.2	Histograma	19
3.1.6	**Gestão à vista**	**20**
4	**MÉTODO**	**21**
4.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	21
4.2	OBJETO DE ESTUDO	22
4.2.1	**Processo produtivo**	**23**
4.2.2	**Processo de Laminação**	**24**
4.2.2.1	Laminação a quente	24
4.2.2.2	Laminação a frio	25
4.2.3	**Chapa de Alumínio**	**25**
4.2.4	**Processo de Refile**	**26**
5	**ESTUDO DE CASO**	**27**
5.1	COLETA DE INFORMAÇÕES	27
5.1.1	**Diagrama de Ishikawa**	**28**
5.2	APLICAÇÃO DA FERRAMENTA	28
5.2.1	**Aplicação Gerenciamento da Rotina Diária (GRD) e Gestão à Vista**	**29**
5.2.2	**Aplicação 5S**	**31**

5.2.3 Aplicação Trabalho Padronizado 31
5.2.4 Ferramentas para aplicações futuras 32
5.2.4.1 Aplicação Kanban 32
5.2.4.2 Aplicação Kaizen..... 33
5.2.4.2.1 Evento Kaizen 33
6 RESULTADOS..... 35
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 37
REFERÊNCIAS..... 38

1 INTRODUÇÃO

No atual cenário de alta competitividade é primordial que as empresas busquem atender com foco na melhor experiência do cliente, muitas empresas utilizam a técnica de gestão *just in time.*

Slack, Chabers e Johnston (2002, p.482) consideram o conceito de *just in time* como sendo a produção de bens e serviços pontualmente no período que deve ser feito, sem antecipações não gerando estoque, e sem atrasos evitando que o cliente tenha que esperar. Assim, a empresa produz sem desperdícios e atendendo ao cliente com qualidade em tempo hábil.

Para que a empresa adote tal técnica é necessário que tenha a segurança em seus processos, a não formação de estoque implica na necessidade de maior atenção em seu processo de produção, para que seja possível o atendimento como planejado. Para alcançar estes resultados é importante que a empresa trabalhe as causas raízes dos problemas que afetam o desempenho da produção e busquem a melhoria contínua em seus processos.

As metodologias de melhoria contínua são importantes técnicas a ser implementadas para as empresas que buscam se destacar no mercado, oferecendo serviços de qualidade e preços competitivos. Dentre elas a metodologia *Lean Manufacturing* que surgiu no período pós guerra, período esse em que muitas empresas buscavam se reerguer.

Segundo Werkema (2011) o *Lean* tem por objetivo a eliminação de desperdícios, excluindo do processo o que não agrega valor ao cliente. Trazendo benefícios para empresas daquela época que era destacada pela escassez de recursos e falta de mão de obra.

O objetivo deste trabalho é apresentar a aplicação das ferramentas *Lean Manufacturing* para melhorar a performance em máquina do setor de alumínio, auxiliando a identificação das causas raízes de problemas como também destacando os benefícios destas ferramentas.

2 JUSTIFICATIVA

Levando em consideração a situação de mercado, com consumidores de perfil cada vez mais exigentes, como também o quadro econômico e o meio de negócio do país, é um desafio para as organizações permanecerem no mercado.

Para Martins e Menezes (2016), as empresas necessitam buscar estratégias para que possam se manter ou se tornar competitivas, permanecendo firmes no mercado e se destacando frente aos concorrentes. O que leva as empresas a ter uma necessidade de um olhar crítico a seus processos, buscando melhoria contínua e otimização de recursos.

Outro fator que deve ser considerado é a satisfação do cliente, atende-lo como combinado, cumprindo a carteira de pedidos no prazo determinado, aumentando assim a satisfação e fidelização do cliente, uma má experiência pode dar espaço ao cliente buscar a concorrência. Muitas empresas que não consegue gerenciar os processos de modo a atender como planejado, acaba recorrendo a estoques. Segundo Moreira (1993, p.463):

> Os estoques são quaisquer quantidades de bens físicos que sejam conservados, de forma improdutiva, por algum intervalo de tempo; constituem estoques tanto os produtos acabados que aguardam venda ou despacho, como matérias-primas e componentes que aguardam utilização na produção.

Sejam produtos acabados ou matéria prima estocadas, muitas vezes, mascara as faltas no ambiente produtivo ou de fornecedores, acarretando também em maior custo de manutenção e maior necessidade de inventários. No setor em estudo da presente pesquisa, o setor de alumínio, os produtos possuem um grande volume, necessitando de atenção para o gerenciamento de seu giro e, devido ao volume, ocupa um grande espaço o que pode comprometer a movimentação e segurança.

A aplicação do *Lean* pode ser utilizada em empresas dos mais variados ramos, que possui o objetivo de minimizar os desperdícios, aumentar a produtividade e qualidade oferecida. Sua aplicação pode evitar defeitos e retrabalhos que acarretam um maior custo de produção e comprometimento da linha por mais tempo para a execução do produto.

De acordo com Lopes e Frota (2015) o *Lean Manufacturing* busca a eliminação das perdas do processo produtivo, possibilitando ter um processo eficiente e eficaz,

entregando os resultados esperados, proporcionado à empresa reduzir custos, aumentar a produtividade e qualidade em seu processo, permitindo que a empresa possa oferecer bom serviço e preços competitivos.

Segundo a Revista Alumínio (2023), a uma perspectiva em aumento de demanda por alumínio primário, a expectativa é que haja um crescimento até o final de 2023 de 40%, desse modo acarretará um ganho de produção na indústria, possibilitando produzir a mais por ano cerca de 33,3 milhões de toneladas, esse ganho é muito positivo para o mercado do alumínio podendo atender uma maior demanda de cliente e trabalhar estratégias para que essa demanda aumente.

O mercado de alumínio se mostra promissor e é um investimento para empresas desse segmento os projetos com estratégias de aumentar sua performance de produção e processos mais eficientes, afim de estar preparadas para a crescente de demanda do mercado.

Este trabalho propõe o estudo da aplicação de ferramentas *Lean* em máquina visando a melhor performance do equipamento, garantindo a produção com qualidade e volume esperado evitando atrasos de pedidos, e cumprindo os prazos estabelecido pelo planejamento e controle da produção.

2.1 OBJETIVOS

2.1.1 Objetivo geral

Melhorar a performance de tempo de parada com aplicação de ferramentas do *Lean Manufacturing* em máquina em uma indústria de alumínio.

2.1.2 Objetivos específicos

- Analisar cenário atual e dificuldades no processo de produção;
- Aplicar ferramentas do *Lean Manufacturing* para solucionar os problemas identificados;
- Sugerir ferramentas do *Lean Manufacturing* para posterior aplicação.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Ao longo dos anos o setor industrial passou por diversas transformações e desafios, o período pós guerra é um deles, foi um período em que as empresas precisavam se reerguer, buscando novas estratégias, reinventando o seu modelo de produzir e como direcionar seus negócios.

O Sistema *Lean Manufacturing* surgiu no Japão, em meados da década de 50, cinco anos após a segunda guerra mundial, em um momento em que havia escassez de matéria prima, dificultando a produção em massa.

Segundo Womack, Jones e Ross (1992) os diretores e engenheiros da *Toyota Motors* foram os criadores do Sistema Toyota de Produção, sendo eles: Toyoda Sackichi, Toyoda Kiichiro e o engenheiro Taiichi Ohno, através de uma visita à fábrica da Ford com o objetivo de entender como a ford gerenciava sua linha e assim poder replicar estratégias para a linha da *Toyota.*

Porém, encontraram grandes desafios já que o modelo de produção Ford era de grandes quantidades de produtos de um único modelo, o objetivo da Toyota era a produção de pequenas quantidades de diferentes modelos. No entanto, em seu cenário, não havia possibilidade de funcionar a produção em massa. A visita trouxe outros benefícios como: a identificação de falhas em seus processos, com interrupções que geravam estoques e possibilidades de melhorias excepcionais.

Womack e Jones (1998) definem *Lean Manufacturing* como sendo uma prática que procura melhor conduzir no funcionamento da empresa, desde a relação com seus fornecedores, processo produtivo e relação com seus clientes, com foco em produzir mais com menos.

Temos que o *Lean* tem por objetivo otimizar os processos da empresa, com a preocupação de produzir com menos recursos, em menos tempo, além de garantia de entrega e melhor atendimento ao cliente. Desse modo, deve-se ter um bom relacionamento com seus fornecedores, com confiança na entrega e um processo produtivo de modo otimizado sem retrabalhos, valorizando a garantia na qualidade de seus produtos, para assim atender o cliente no tempo planejado.

Para alcançar este objetivo podem ser aplicadas ferramentas do *Lean,* o que engloba as ferramentas: 5S, *Kanban*, Gerenciamento da Rotina Diária (GRD), Trabalho Padronizado, Qualidade Total e Gestão à Vista.

3.1 PRINCIPAIS FERRAMENTAS DO LEAN

3.1.1 5S

O 5S é uma metodologia que incorporada ao *Lean* que possui ferramentas que tem por objetivo de melhorar a qualidade em todos os ambientes da empresa.

Segundo Osada (1992) a metodologia 5S designa das iniciais de cinco palavras de origem japonesa, são elas: *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke*.

Seiri (Senso de Utilização): No primeiro S é feito a análise das ferramentas, materiais que estejam no ambiente de trabalho e retirar os que não é necessário.

Seiton (Senso de Organização): Nessa etapa é feita a devida definição dos locais para o armazenamento das peças que são uteis, esse local precisa ser de fácil acesso e visualização.

Seiso (Sendo de Limpeza): É feita a limpeza do ambiente, maquinas e equipamentos, e eliminação de fontes de sujeiras. Nesse senso deve ser dever de todos garantir em manter o ambiente limpo e organizado após seu uso.

Seiketsu (Senso de Padronização): O 4º S tem foco no gerenciamento visual e o cumprimento das condições-padrão.

Sketsuke (Senso de Autodisciplina): A última etapa de implementação é ter a nova maneira de trabalhar, cumprindo o estabelecimento dos 4S's anteriores, não voltando a hábitos antigos.

3.1.2 Kanban

Segundo Shingo e Dillon (1989) o *Kanban* atua no controle da produção por meio da utilização de cartões, em que é estabelecido a quantidade de peças de um lote em um posto de trabalho.

Neste modo é possível ter maior controle sobre a produção necessária, e o estabelecimento da programação da produção para atender os pedidos desejados.

3.1.3 Gerenciamento da Rotina Diária (GRD)

De acordo com Carvalho (2020) o Gerenciamento da Rotina Diária é direcionado na organização para a melhoria em seus processos de forma visual e simples, proporcionando uma melhoria de eficiência e eficácia, além de definir ações rápidas ao identificar o problema.

3.1.4 Trabalho Padronizado

Segundo Saia (2009) a técnica de Trabalho Padronizado presume a identificação das atividades que são realizadas em sequência ideal, por meio da utilização dos recursos disponíveis, são eles pessoas, materiais, métodos e máquinas em uma organização.

3.1.5 Qualidade Total

Para Oakland (1994) a TQM é um procedimento de gerenciamento que tem por objetivo melhorar a competitividade a eficiência e a flexibilidade de uma organização. Para alcançar esses resultados a organização necessita eliminar esforços inúteis e se envolver nos processos de melhoria e atividades que agregam valor.

3.1.5.1 Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de *Ishikawa* possibilita fazer revisão e estruturação das possíveis causar relacionadas a um efeito que se pretende estudar, uma vez que um resultado obtido a uma série de fatores que possa ter contribuído. Dessa forma, é possível lista as causas e definir ações a ser trabalhadas para obtenção de melhores resultados (SOUZA; AZEVEDO, 2019).

3.1.5.2 Histograma

Os histogramas descrevem a periodicidade com que os dados da população estão distribuídos, é utilizado principalmente para comparar a situação antes e depois da aplicação de um plano de ação (MINGLEORIM, et. al, 2012).

A aplicação é muito relevante pelo fato de proporcionar a análise de projetos e se ações estão trazendo resultados, bem como visualizar quando se precisa melhorar.

3.1.6 Gestão à vista

A Gestão à Vista é uma das estratégias do *Lean* que permite visualizar e entender o gerenciamento visual de diferentes funções dentro da empresa, seja na área produtiva, na melhoria contínua e no marketing, entre outros benefícios.

> Gestão visual é o processo de criação de um espaço de trabalho bem organizado, que elimina déficits de informação. Ela fornece informações em tempo real sobre o status do trabalho por uma combinação de sinais visuais simples e permite que o empregado compreenda melhor sua influência sobre os resultados globais da organização (GALSWORTH, 2005, p. 10).

Este espaço da Gestão Visual permite visualizar essas informações que podem ser entendidas e analisadas observando onde há a necessidade de maior atenção.

4 MÉTODO

4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Este trabalho é classificado como estudo de caso, refere-se a uma análise e aprofundamento sobre os conhecimentos da metodologia *Lean manufacturing* e ferramentas da qualidade que lhe compõe.

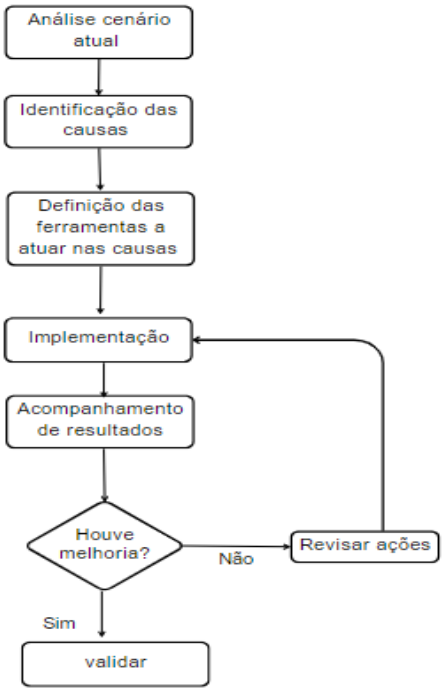
No primeiro momento foi realizado um aprofundamento sobre os conceitos e revisão bibliográfica sobre a metodologia *Lean* e abordando sobre sua relevância.

Em seguida foi realizado o aprofundamento sobre os conceitos do setor em estudo do alumínio e, posteriormente, abordamos a aplicação da ferramenta no estudo de caso.

Por fim, foi feita uma análise dos resultados alcançados e entendimento sobre as contribuições da aplicação da metodologia *Lean*.

A pesquisa foi feita por etapas: o entendimento e estudo do cenário atual no período de três meses que antecede a aplicação, posteriormente análise das ferramentas do *Lean* que melhor se aplicam ao objetivo da pesquisa, sua aplicação no estudo de caso e os resultados obtidos no período de 2 meses de aplicação da pesquisa.

Figura 1 - Representação Fluxograma etapas da pesquisa



Fonte: O Autor (2023).

4.2 OBJETO DE ESTUDO

O *Lean Manufacturing* possui ferramentas que possibilitam ganhos significativos na indústria e sua implementação não necessita de grandes investimentos, o que é um estudo muito atrativo para as empresas. Desta forma, foi selecionada uma empresa em que foi identificada a oportunidade de aplicação do *Lean*.

Com o intuito de preservar a identidade e informações da empresa, a mesma será referenciada como empresa Al. A empresa Al é filial de uma multinacional do ramo de alumínio que é líder em participação nos principais mercados de seu setor, que tem certificações NRB ISO 14001 e NBR ISO 9001 cumprindo os requisitos específicos da qualidade.

A empresa em estudo é uma filial que está atualmente investimento para o crescimento de projetos em sua planta, com projetos pilotos focando na melhoria contínua e manutenção autônoma afim de seguir conforme a empresa cede que possui equipes e projetos de melhorias consolidados.

A área em estudo é o setor responsável pelo processo intermediário e de acabamento final do produto, que são bobinas de alumínio de diferentes espessuras, em máquina responsável pelo processo de refile das bobinas.

4.2.1 Processo produtivo

Segundo a ABAL - Associação Brasileira do Alumínio (2017) - o alumínio é um dos metais mais utilizados no mundo, devido sua funcionalidade e aplicação. Com utilização nos mais variados mercados, como automobilístico, alimentício e de construção civil. A obtenção do alumio é através da mineração da bauxita, em seguida refinaria e redução.

Para Sampaio, Andrade e Dutra (2005) a bauxita é composta por uma combinação impura de minerais de alumínio, são eles: Gibbsita Al $(OH)^3$, Diásporo AlO(OH) e Boehmita AlO (OH).

Segundo a Revista Ferramental (2014) a bauxita é formada através da decomposição de rochas alcalinas, essa formação é através da infiltração da água nas rochas, a presença de óxido de ferro resulta em sua coloração avermelhada.

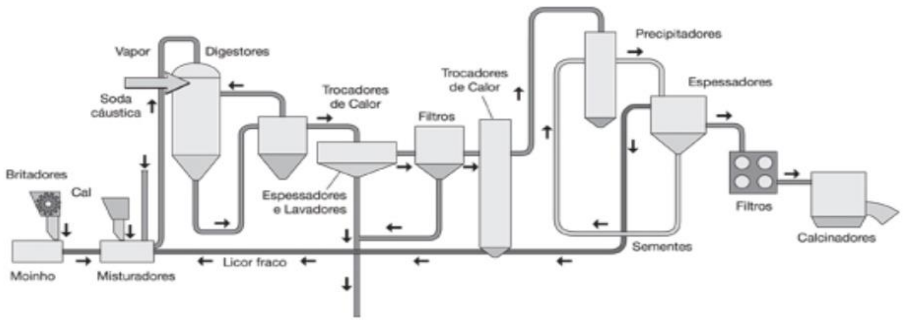
Figura 2- Foto de Bauxita

Fonte: Norsk Hydro ASA (2023).

O Processo Bayer é um dos mais utilizados na extração do alumínio, se dá a partir da dissolução da alumina em soda cáustica, em seguida a filtração. Nessa etapa de filtração ocorre a separação dos sólidos, é concentrada para gerar a cristalização da alumina e, posteriormente, os cristais são submetidos ao processo de secagem e calcinação, que tem por objetivo eliminar a água. Assim, se obtém o pó branco de

alumina pura, o mesmo é direcionado para o processo de redução por meio de eletrolise, em que ocorre a transformação da alumina em alumínio (ABAL, 2007).

Figura 3 - Fluxo Processo Bayer



Fonte: ABAL (2007).

4.2.2 Processo de Laminação

Após a obtenção do lingote, a próxima etapa de produção de um produto laminado é o processo de laminação. Esse processo consiste em várias etapas. José Filho (2010) trás como sendo um processo de transformação mecânica que consiste na redução da seção transversal por compressão do metal, por meio da passagem entre dois cilindros de aço ou ferro sendo esse fundido com eixos paralelos que giram em torno de si mesmos.

Esta seção refere-se a produtos laminados planos de alumínio e suas ligas, sendo essas desde chapas grossas com espessuras de 150 mm, usadas em usinas atômicas, ou até mesmo folhas com espessura de 0,005 mm, usadas em condensadores. Existem dois processos tradicionais de laminação de alumínio que são; a laminação a quente e a laminação a frio (as mais comuns). E atualmente sabe-se também da utilização da laminação contínua pela indústria.

4.2.2.1 Laminação a quente

Segundo Costa e Cardoso (2010) o processo de laminação a quente tem por sua primeira etapa a adição de calor ao material, elevando sua temperatura para cerca de 500 °C, ocasionando o desgaste das placas. Ocorre a redução significativa na espessura do metal e sua temperatura mínima é igual à temperatura de recristalização, em torno de 350°C, após a recristalização o material é passado entre

dois rolos para produzir uma deformação plástica. Neste processo, há uma melhoria nas propriedades mecânicas do material, em termos de resistência e dureza, além de proporcionar uma boa superfície de acabamento.

4.2.2.2 Laminação a frio

Para Costa e Cardoso (2010), a laminação a frio ocorre após a laminação a quente, com objetivo de produzir um metal com um excelente acabamento superficial e com devido controle dimensional. Na laminação a frio ocorre no metal o aumento da resistência mecânica por meio do encruamento. Há etapas que necessitam de um material mais manuseável; é utilizado o recozimento como objetivo de amaciar o material por meio da recristalização, facilitando as próximas etapas de produção ou determinar temperas específicas.

4.2.3 Chapa de Alumínio

Segundo José Filho (2010) as chapas planas ou bobinadas, folhas e discos são os principais tipos de produtos laminados. Esses semimanufaturados têm variadas aplicações em diferentes setores como: transportes em carrocerias para ônibus, equipamentos rodoviários, etc; também na construção civil em telhas, fachadas, calhas, rufos, etc.; e embalagens como latas, descartáveis e bens de consumo como panelas, e itens de utensílios domésticos, etc.

O processo de produção de chapas de alumínio se dá de duas maneiras denominadas como: *Twin Roll Caster* usualmente processo “*Caster*” e o *Direct Chill* - vazamento de placas (MINATEL, 2009).

O Processo Caster é formado através do vazamento de chapas com espessura em torno de 3mm a 9mm. Este metal vazado é transportado do forno através de uma calha até o injetor em que é passado por uma desgaseificação e filtragem (MINATEL, 2009). Este processo possui grandes vantagens pelo fato de converter o metal para bobinas sem necessitar de outras etapas.

O Processo *Direct Chill* ou vazamento de placas produz conforme a capacidade do poço e o conjunto de moldes disponíveis, é um processo que necessita de automação para que haja o devido controle da vazão liberadas para os moldes, como também a vazão de água que é responsável pela formação da casca sólida, controle

de resfriamento e vazamento controlado (ZUMBA, 2016). O vazamento de placas possui a desvantagem de necessitar da etapa de laminação a quente para a eliminação de impurezas.

Figura 4 - Chapas de Alumínio em Bobinas

Fonte: CBA (2018).

4.2.4 Processo de Refile

Após o processo de criação as chapas podem ser transformadas em bobinas, e seguir para outras etapas de processo, como um processo de relaminação para diminuição de espessura ou seguir para o processo de refilamento, em que a chapa é cortada conforme as dimensões solicitadas pelo cliente, em termos de diâmetro e cumprimentos.

As máquinas responsáveis pelo refile da chapa são denominadas refiladeiras, que por definição cortam as chapas longitudinalmente, respeitando dimensões solicitadas pelos clientes em termos de diâmetro interno e cumprimentos.

Na máquina refiladeira a bobina passa por processos que seguem etapas, a bobina é desenrolada e a chapa passa entre dois rolos, esses rolos possuem lâminas e separadores de borracha, os separadores determinam a distância das lâminas e largura de corte, esse ajuste é feito pelo operador da máquina, cumprindo o que foi solicitado pelo PCP.

5 ESTUDO DE CASO

A análise foi a partir da observação e entendimento das dificuldades apresentadas pelos operadores e desempenho da máquina em tempo de paradas através do sistema de informação.

O segundo momento foi levantado quais ferramentas poderia auxiliar para a resolução dos problemas identificados.

5.1 COLETA DE INFORMAÇÕES

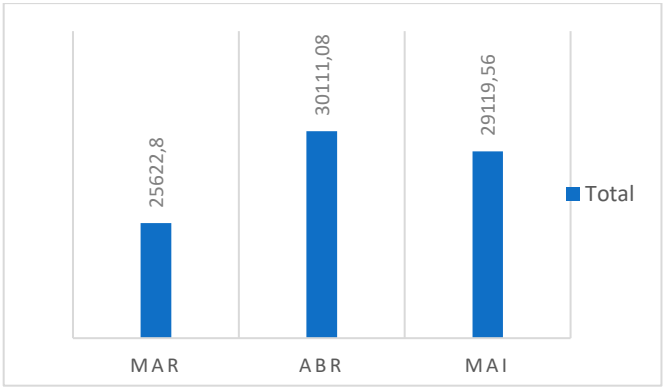
A coleta de informações e dados se deu a partir do sistema de informação utilizado e por meio dos operadores da máquina.

Foi aplicado *brainstorming* com os operadores, conversando sobre sua visão e quais problemas identificados por eles no decorrer do processo.

O apontamento do sistema é um dado de responsabilidade dos operadores, em pontuar as etapas que ocorrem durante o processo de produção em termos de *setup*, ajuste, paradas de manutenção, qualidade, entre outros motivos. E, para o estudo e relevância da aplicação, foram levantados os dados de tempo máquina parada (tempo de máquina parada) no período de 3 meses antes da pesquisa, esse dado é de grande importância uma vez que quanto maior o tempo de máquina parada, menor o tempo produtivo e consequentemente não entrega do programado.

O gráfico a seguir refere-se ao tempo de parada de máquina refiladeira nos meses de março, abril e maio de 2022 que antecede a pesquisa (esses dados não eram acompanhados anteriormente).

Gráfico 1 – Tempo de máquina parada em minutos março a maio



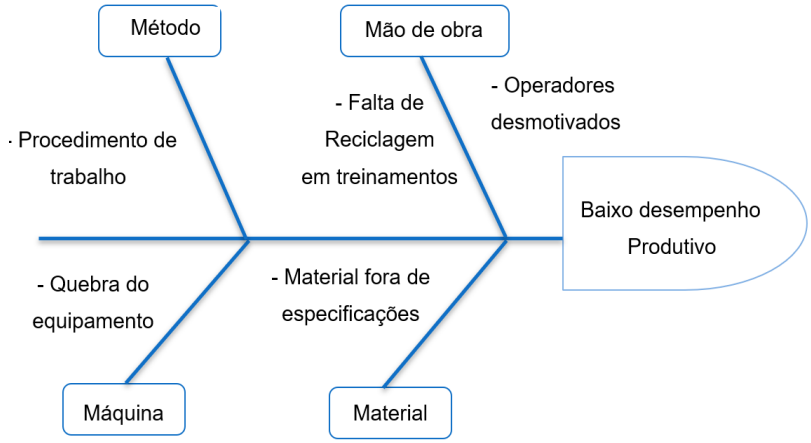
Fonte: O Autor (2023).

Foi observado dificuldades em entrega de material, gargalos e observando o gráfico é possível perceber o aumento considerado de tempo de parada e um número alto de tempo de parada que estaria prejudicando a performance da máquina, que levou ao questionamento de quais elementos estariam acarretando e quais ações deveriam ser tomadas.

5.1.1 Diagrama de *Ishikawa*

Foi aplicado o Diagrama de *Ishikawa* através das informações coletadas pelos operadores com a finalidade de identificar a causa raiz dos problemas que afetavam o desempenho da máquina e equipe, relacionando o efeito a ser analisado com as causas. Foram listadas por meio do diagrama as principais causas identificadas.

Figura 5 – Aplicação Diagrama de *Ishikawa*



Fonte: O Autor (2023).

5.2 APLICAÇÃO DA FERRAMENTA

O *Lean Manufacturing* possui um conjunto de ferramentas que auxiliar a resolução de problemas e melhoria de processos como já descrito em tópicos anteriores, após o levantamento das principais causas que estavam acarretando tal desempenho.

Para a aplicação de ferramentas do *Lean* foram selecionadas ferramentas de baixo custo de implementação e que podem atuar das causas identificadas. Aplicação da ferramenta GRD junto à gestão à vista, para sanar as dificuldades de comunicação,

baixa motivação, estímulo a abertura de ações para melhoria do equipamento e processos de trabalho. A ferramenta Padronização do Trabalho para atuar nas dificuldades dos procedimentos de trabalho.

5.2.1 Aplicação Gerenciamento da Rotina Diária (GRD) e Gestão à Vista

A ferramenta de Gerenciamento da Rotina Diária pode-se parece simples, porém muito eficaz quando se a aplicação de forma comprometida e tem por vantagem não necessitar de investimentos. Foi levantado junto ao líder de produção a aplicação da gestão diária, em um horário fixo, com participações dos operadores presentes no turno, bem como lideranças da qualidade e manutenção.

Para a aplicação ter êxito deveria ser conduzida com observações de elementos chaves, e definição de quais pontos e indicadores serão analisados, bem como as metas e resultados almejados e esclarecidos para os envolvidos principalmente dos operadores.

Figura 6 – Roteiro da Reunião de GRD

Segurança	Produção	Qualidade	Manutenção
•Observação relevante em termos de segurança no dia anterior; •Existe algum procedimento inseguro a ser executado no dia? •Equipamento está com as devidas proteções e operadores com EPIS necessários?	•Número de produção dia anterior; •Quais elementos impactaram para o resultado; 1.Problemas de qualidade 2.Manutenção 3.Dificuldade no processo •Prioridade de produção do dia.	•Causas e motivos de rejeições dia anterior. •Pontos criticos a serem observados na produção do dia em relação a qualidade do material.	•Equipamento está devidamente em condições de operação •Foi indentificado algum problema no equipamento? •manutenções programadas.

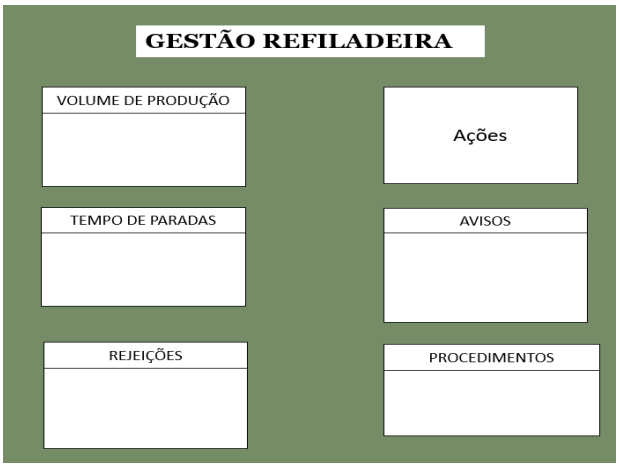
Fonte: O Autor (2023).

A razão de seguir um roteiro é que o GRD seja objetivo, para os problemas identificado, definindo um plano de ação com prazo e responsável por administrar a ação e envolvendo os operadores.

Para melhor aplicação da GRD, foi criado um espaço onde seria executado o GRD e onde as informações a serem analisadas poderiam ser expostas com fácil visualização, permitindo que a equipe tenha conhecimento sobre em qual situação se encontravam e como o seu papel tem impacto nos resultados, observando também quais ações e estratégias seriam tomadas para alcançar os resultados almejados.

Foi criado um quadro em que estavam expostos os principais indicadores definidos - volume de produção, tempo de paradas, quantidade de rejeições, gerenciamento de ações e procedimento de trabalho - como pode ser visto a seguir na adaptação utilizada na empresa.

Figura 7 – Quadro de Gestão à Vista



Fonte: O Autor (2023).

No formulário de gerenciamento de ações é armazenado a data de abertura, o problema identificado, a ação a ser tomada, bem como o responsável e o prazo para a execução. O controle das ações abertas é pontuado no GRD, bem como a abertura de novas ações.

As ações de manutenção eram os pontos mais recorrentes, existia a necessidade de atenção na manutenção da máquina; os problemas relatados pelos operadores eram analisados e era aberta uma ação para que a equipe de manutenção atuasse.

Figura 8 – Gestão de Ações

GESTÃO DAS AÇÕES					
DATA	PROBLEMA	AÇÃO	RESPONSÁVEL	PRAZO FOLLOW-UP	STATUS

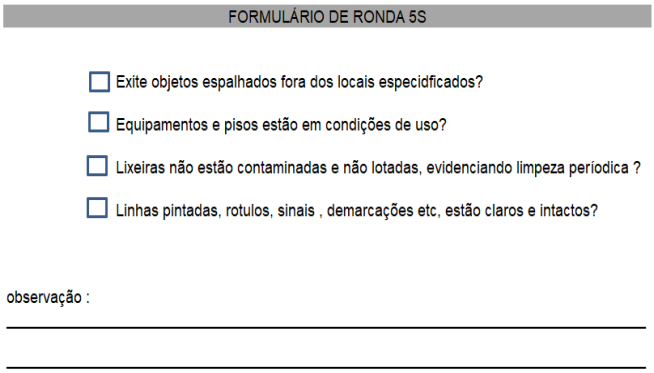
Fonte: O Autor (2023).

5.2.2 Aplicação 5S

Outra importante ferramenta a ser aplicada é o 5S, a empresa já dispõe do programa estruturado e bem divulgado com os membros que possuíam conhecimento sobre a ferramenta, porém havia dificuldades na fiscalização para que seja mantido até que todos tomem como rotina a sua aplicação.

A Elaboração de um formulário de ronda de 5S e estabelecidos um dia fixo em que ocorria a ronda a fim de averiguar o cumprimento da ferramenta e reforçar a importância de sua pratica.

Figura 9 – Formulário Ronda 5S



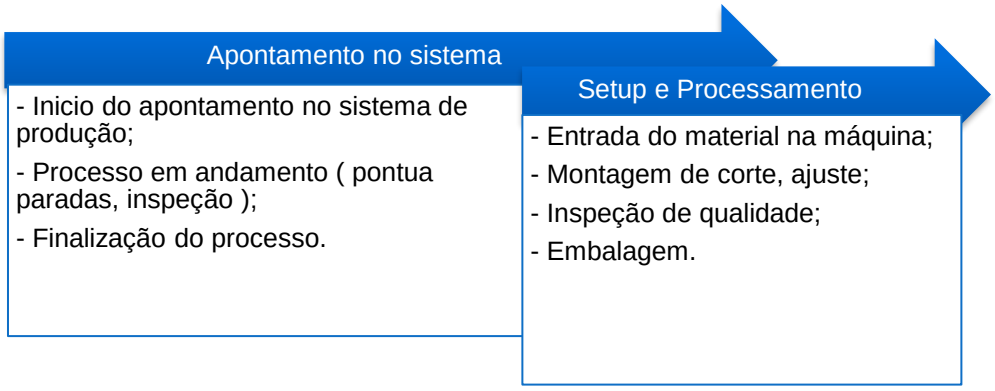
Fonte: O Autor (2023).

5.2.3 Aplicação Trabalho Padronizado

Uma das dificuldades levantadas pelos operadores foi sobre o procedimento de trabalho, onde não se seguia uma padronização, tendo operadores executando a mesma atividade, com variações consideráveis de tempo em relação a outros.

Para isso, foi considerada a aplicação da Padronização do Trabalho, analisando os processos de trabalho, procedimento de *setup e* inspeção de qualidade, visando reforçar a identificação de não-conformidades e rastreamento do material. Assim, identificando a causa raiz do problema de qualidade e sanando as dificuldades de material fora de especificação. Outro ponto considerado é a embalagem do material processado e por fim o apontamento no sistema e posteriormente, o treinamento com os envolvidos (a sequência poder ser vista a seguir):

Figura 10 - Sequência de Padronização de Processo



Fonte: O Autor (2023).

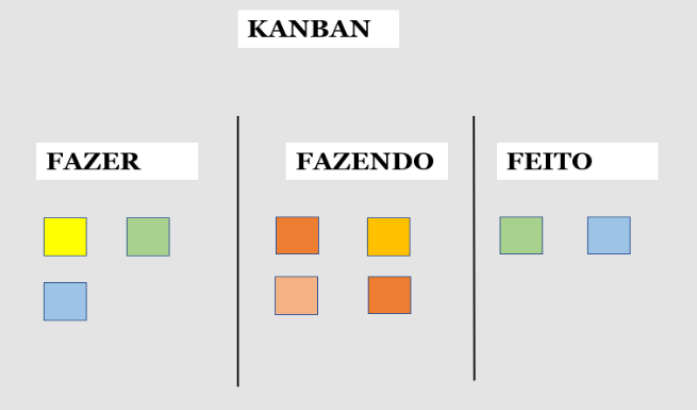
5.2.4 Ferramentas para aplicações futuras

Com o maior envolvimento da equipe e aprofundamento sobre as ferramentas *Lean*, a seguir será listada duas ferramentas, que seguem como sugestão de aplicação a fim de se adquirir maiores avanços no conhecimento do *Lean* e atingir bons resultados para equipe e desempenho de trabalho. São ferramentas de baixos investimentos, porém requer maior comprometimentos da equipe.

5.2.4.1 Aplicação *Kanban*

Uma importante ferramenta do *Lean* a ser implementada que pode trazer resultados para a organização é o *Kanban*, que pode auxiliar no gerenciamento de atividades.

Figura 11 – Quadro *Kanban*



Fonte: O Autor (2023).

Como pode ser visto na Figura 11, a utilização pode proporcionar melhor visualização nas atividades que precisam ser executadas e seu andamento, é uma técnica simples de baixo investimento, e que proporciona o engajamento aos envolvidos.

5.2.4.2 Aplicação *Kaizen*

Outra importante ferramenta do *Lean* a ser implementada para melhoria de resultados é a metodologia *Kaizen*. Para Araujo e Rentes (2006), o *Kaizen* pode ser definido como um esforço de melhoria contínua, realizado por todos da equipe, empenhando-se na eliminação de desperdícios.

Desse modo o *Kaizen* trata-se de uma ferramenta que pode atuar em indicadores chaves da organização, direcionar foco de atuação a equipe, possibilitando que a organização melhore seus resultados, dentro da *Kaizen se* destaca o Evento *Kaizen*, o evento trata-se pode trazer benefícios rápidos devido ao seu período de aplicação, e a baixo custo.

5.2.4.2.1 Evento Kaizen

Segundo Araujo e Rentes (2006), o Evento *Kaizen* pode ser entendido como uma equipe empenhada a executar uma implementação ágil, em curto prazo de uma ferramenta da manufatura enxuta.

O Evento *Kaizen* é um programa de melhoria contínua, que conta com as habilidades e envolvimento da equipe, deve ser implementado no prazo de 5 dias

uteis, para que o evento aconteça é necessário a definição da equipe, é ideal que seja uma equipe multidisciplinar envolvendo profissionais de várias áreas da empresa, posteriormente que siga as etapas que serão listadas a seguir:

Tabela 1 – Evento *Kaizen*

Etapas	Prazo	Descrição
	ABERTURA	-Comunicar implantação - Incentivo a Equipe
1° Etapa	7 dias uteis	- Definição do tema; - Analisar dados; - Definir objetivos;
2° Etapa	3 dias uteis	- Definir ações.
3° Etapa	5 dias uteis	- Executar as ações determinadas.
4° Etapa	5 dias uteis	- Realizar reuniões -Verificar os resultados das ações, afim de confirmar e validar os efeitos e padronizar
5° Etapa	1 dia uteis	- Apresentação de resultados; - Reconhecimento da equipe.

Fonte: O Autor (2023).

O Evento Kaizen com uma equipe comprometida e seguindo devidamente as etapas de implementação, pode trazer grandes benefícios a organização como incentivar a equipe a cultura de melhoria contínua, em expor os problemas vivenciados, trocando experiencias, permitindo que a equipe seja protagonista no seu ambiente de trabalho.

6 RESULTADOS

A aplicação das ferramentas *Lean* pode trazer benefícios para a organização em termo tangíveis e intangíveis, na presente pesquisa foram aplicadas as ferramentas: GRD, Gestão à Vista, 5S e Padronização do Trabalho.

Foi percebido um maior envolvimento da equipe, um dos pontos levantado de dificuldade foi a motivação do colaborador. Logo, com a aplicação do GRD, o operador foi conduzido para mais perto da organização, sendo ouvido e sabendo seu papel dentro deste processo.

Como tratado por Santos; Lima e Abrantes (2000), a utilização do GRD é de extrema importância para que a organização alcance o sucesso, por permitir que a organização trabalhe de maneira mais orientada, com um desenvolvimento estratégico bem definido, assim como metas bem definidas e criação de processos padronizados.

A melhoria de comunicação com a gestão a vista junto ao GRD, proporcionou melhoria no engajamento da equipe, com o conhecimento de onde estão em termos de metas e onde precisa alcançar, trouxe a relevância do papel do operador o quanto seu conhecimento sobre o estado da máquina, experiência dia a dia, suas sugestões de melhorias podem trazer ações de impactos positivos para a equipe.

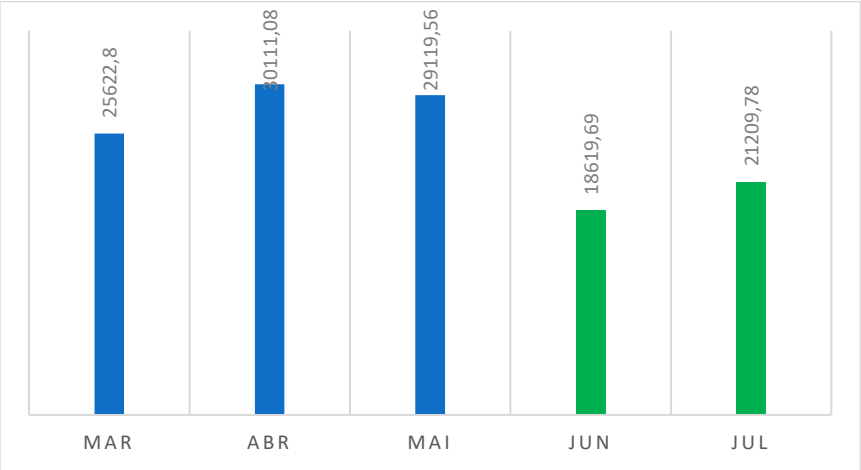
Outro ponto de dificuldade são as quebras do equipamento, foi levantado atenção nas manutenções, as ações de manutenção tem ponto de partida as observações levantadas pelo operador que está diretamente manuseando e tem o conhecimento prático, podendo identificar com mais rapidez em casos de alterações, essas observações são analisadas e aberta ações de manutenção, atuando de maneira corretiva ou sinalizando para próxima manutenção planejada em casos de ações mais complexas, este trabalho foi proporcionando a melhoria no equipamento , deixando cada vez mais disponível para operar, o que levou a diminuição dos números de paradas por motivo de quebra do equipamento Outro ponto de importância no estimulo a participação da equipe é o comprometimento em cumprir e concluir as ações, essa gestão era reforçada no GRD.

A padronização de processos, reciclagem de treinamentos teve como resultado a diminuição de dúvidas e dificuldade sobre o processo pelo operador, adquirindo conhecimento de como agir em casos de identificação de material fora de especificação de qualidade, sendo aptos a fazer o devido rastreamento com o objetivo

identificar se o problema partiu de processos anteriores, como também identificar se o material está nas especificações aceitáveis para continuar o processo ou suspender e seguir com outro material, em vez de esperar um inspetor o que resultaria em parada de máquina por motivo de qualidade. Junto a aplicação do 5S, com melhoria na organização, determinação e locais adequados melhorando a visualização de equipamento, objetos de trabalho entre outros.

Para o entendimento dos resultados das ações, foi coletado no sistema de informações os dados de tempo de paradas no período de junho a julho de 2022, meses da presente pesquisa, o gráfico a seguir demonstra o tempo de parada nos períodos de março a julho, meses posteriores e durante a pesquisa:

Gráfico 2 - Tempo de paradas em minutos março a julho



Fonte: O Autor (2023).

É possível visualizar que houve uma redução de tempo de paradas em relação aos meses anteriores a pesquisa, durante esses dois meses é visto que a máquina passou mais tempo em operação, processando um volume maior de material.

A pesquisa propõe como sugestão para futuras aplicações duas ferramentas que são relevantes em se tratar de melhoria contínua, as ferramentas *Kanban* e *Kaizen*. Visto que a empresa está buscando e incentivando a cultura da melhoria contínua a partir do conhecimento adquirido pela equipe, sua aplicação será melhor entendida e podendo proporcionar resultados positivos, necessitando de baixos investimentos, porém de alto envolvimento em participação da equipe, e que envolvimento de outras áreas, afim de melhores diagnósticos e desenvolvimento de ações efetivas para tratar os problemas identificados.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a pesquisa foi possível compreender que o mercado do alumínio é promissor com perspectiva de crescimento, desse modo, o investimento no setor é benéfico com retornos. Foi percebido que o *Lean Manufecturing* pode trazer grandes contribuições positivas e de baixos investimentos financeiros, porém, com necessidade de alto comprometimento da equipe de trabalho.

Com a aplicação das ferramentas foi possível atingir o objetivo de da melhoria de performance em máquina, obtendo redução do tempo de máquina parada, ou seja, tempo improdutivo.

Durante o trabalho pode-se entender que as dificuldades identificadas estavam associadas a mão de obra e conhecimento do processo.

Na equipe existiam membros que não possuíam conhecimento sobre o *Lean* e suas ferramentas, para aplicações futuras levando em consideração o grau de amadurecimento na metodologia em que a equipe conseguiu alcançar, foram listadas as ferramentas *Kanban* e *Kaizen* como sugestão para contribuições futuras, essas ferramentas necessitam de maiores investimentos, conhecimento e envolvimento da equipe.

Houve dificuldades em relação a limitação de coleta de dados devido ao apontamento pelos operadores de maneira incorreta, em que não retratava em muitas vezes a situação atual, e muitas paradas sem justificativas, dessa forma a pesquisa utilizou o tempo de máquina parada, que é um dado automático interligado o sistema com a máquina a identificação foi através de *braisntorming*. E limitações em apresentação de dados de forma a manter o sigilo da empresa, como também a extração de dados por um período maior de tempos após aplicação da pesquisa.

Como sugestão para futuras pesquisas, explorar outras informações e dados a fim de possibilitar um melhor diagnóstico e uma melhor definição dos problemas e causa raiz.

Vale ressaltar a reutilização das ferramentas *Lean* usadas no trabalho e sugeridas, por meio de um processo de melhoria contínua planejada.

REFERÊNCIAS

ABAL. **Fundamentos do Alumínio e suas Aplicações**. São Paulo, Associação Brasileira do Alumínio (ABAL), 6p. 2007.

ARAUJO, C. A. C.; RENTES, A. F. A metodologia *Kaizen* na condução de processos de mudança em sistemas de produção enxuta. **Revista Gestão Industrial**, v.2, n.2, 2006.

CARVALHO, D. C. **O Gerenciamento da rotina e o aumento da disponibilidade de operação:** Estudo de caso em um setor Metalúrgico. Minas Gerais: Juiz de Fora, 2020.

CBA. **Produtos Tranformados.** Companhia Brasileira de Alumínio - CBA. 2018. Disponível em: <https://www.cba.com.br/produtos/produtos-transformados/ >. Acesso em: 02/04/2023.

COSTA, F. F.; CARDOSO, K. R. **Laminação em um e dois passes da liga AA1100 para fabricação de evaporadores roll bond**.*In:* XIV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e X Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, 2010. Acesso em: 04/05/2023.

EQUI, M. A.; JUNIOR, H. P. **Revisão bibliográfica:** o *Lean Manufacturing* na indústria automotiva. *In:* XIISEGeT: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. 2015.

GALSWORTH, G. D. Local de trabalho visual/pensamento visual: criando excelência empresarial por meio das tecnologias do local de trabalho visual. Portland: **Quality Methods International**, 2005.

HILSDORF, W. C. e colaboradores. Aplicação de ferramentas do *Lean Manufacturing*: estudo de caso em uma indústria de remanufatura. **Revista Produção Online**, Florianópolis: SC, v.19, n.2, p.640-667, 2019.

JOSÉ FILHO, C. **Processo de produção do alumínio:** Tecnologia do Blogger. 2010. Disponível em: < https://www.blogdoprofessorcarlao.com.br/2010/12/processos-de-producao-do-aluminio-parte.html >. Acesso em: 04/05/2023.

LOPES, T. O.; FROTA, C. D. **Aplicação dos Conceitos do *Lean Manufacturing* para melhoria do processo de produção em uma empresa de eletrodomésticos: um estudo de caso**. *In:* XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Fortaleza, 2015.

MIGLIORIN, D. M. P. e colaboradores**. Importância das ferramentas da qualidade como suporte para a melhoria no ensino**. 2021. Disponível em: <https://www.abenge.org.br/cobenge/legado/arquivos/20/st/q/q163.pdf> Acesso em: 29/04/2023.

MINATEL, R. **Um estudo comparativo sobre a recristalização de chapas de alumínio AA1200 e AA3003 obtidas por lingotamento contínuo (*twin roll caster)* e por fundição de placas (*direct chill)***. (Dissertação de Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: São Paulo, 66p. 2009.

MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações**. 1ª ed. São Paulo: Pioneira, 1993.

OAKLAND, J.. **Gerenciamento da qualidade total**. NBL Editora, 1994.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OSADA, T. ***Housekeeping,* 5S's:** *seiri, seiton, seiso, seiketsu, shituke.* São Paulo: Instituto IMAM, 1995.

REVISTA ALUMÍNIO. **Empresas da indústria do alumínio analisam o desempenho em 2022 e as perspectivas para 2023.** 2023. Disponível em:

<https://revistaaluminio.com.br/empresas-da-industria-do-aluminio-analisam-o-desempenho-em-2022-e-as-perspectivas-para-2023/> Acesso em: 04/05/2023

REVISTA FERRAMENTAL. **O que é Bauxita?** 2014. Disponível em: < https://www.revistaferramental.com.br/dicionario/bauxita/> Acesso em: 04/05/2023.

SAIA, R. **O *Lean Manufacturing* aplicado em ambientes de produção *Engineer* to order.** Trabalho de Conclusão de Curso, Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 2009.

SAMPAIO, J. A.; ANDRADE, M. C.; DUTRA, A. J. B. **"Bauxita."** CETEM/MCT, 2005.

SANTOS, E. G.; LIMA, I. F.; ABRANTES, M. P. S. **Gerenciamento da Rotina Diária em unidades de informação**. 2000. Disponível em: <https://www.geocities.ws/biblioestudantes/texto_51.pdf> Acesso em: 05/05/2023.

SHINGO, S.; DILLON, A. P. **Um Estudo do Sistema Toyota de Produção Do ponto de vista da Engenharia Industrial.** Tokyo: Productivity Press, 1989.

SILVA, G. V.. **Análise e aplicação da metodologia 5S para redução dos desperdícios em uma empresa de grande porte**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Produção) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 31f. 2017.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SOUZA, J. M. PDCA e *Lean Manufacturing*: Estudo de caso de aplicação de processos de qualidade na Gráfica Alfa. **Revista de Ciências Jurídicas e Empresariais**, v.17, n.1, p.11-17, 2016.

SOUZA, V. B.; AZEVEDO, A. T. **Proposta de um modelo de analíse de decisão na manutenção utilizando o diagrama de *Ishikawa* com o método multicritério**

prothee em equipamentos. *In*: XIX Simpósio de pesquisa operacional e logística da marinha, 2019.

SOUZA, V.C. **Organização e gerência da manutenção: planejamento, programação e controle da manutenção**. São Paulo: *All Print*, 2013.

WERKEMA, C. ***Lean Six Sigma*****:** Introdução às ferramentas do *Lean Manufacturing*. Belo Horizonte: Werkema, 2006.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. **A mentalidade enxuta nas empresas**. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A Máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

ZUMBA, Á. A. F**. Estudo de redução do tempo de ciclo de homogeneização da liga AA5182.** São Paulo: Guaratinguetá, 2016.