



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Ilha Solteira

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

AUGUSTO ROSA DE SOUZA

**FERRAMENTAS DE MANUFATURA ENXUTA ALINHADAS A MANUTENÇÃO
CENTRADA NA CONFIABILIDADE COM APLICAÇÃO NA GESTÃO DE
GERADORES MOVIDOS A GÁS NATURAL**

**Ilha Solteira
2024**

AUGUSTO ROSA DE SOUZA

**FERRAMENTAS DE MANUFATURA ENXUTA ALINHADAS A MANUTENÇÃO
CENTRADA NA CONFIABILIDADE COM APLICAÇÃO NA GESTÃO DE
GERADORES MOVIDOS A GÁS NATURAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira –
Unesp como parte dos requisitos para
obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Prof. Dr. Miguel Ângelo Menezes
Orientador

**Ilha Solteira
2024**

FICHA CATALOGRÁFICA

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S729f Souza, Augusto Rosa de.
Ferramentas de manufatura enxuta alinhadas a manutenção centrada na confiabilidade com aplicação na gestão de geradores movidos a gás natural / Augusto Rosa De Souza. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
61 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2024

Orientador: Miguel Ângelo Menezes

Inclui bibliografia

1. Manufatura enxuta. 2. Manutenção centrada em confiabilidade. 3. Indústria de gases. 4. Geradores movidos a gás natural. 5. DMAIC.

Elaborado por Raiane da Silva Santos - CRB - 8/9999

FOLHA DE APROVAÇÃO

ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Aos 17 dias do mês de Julho do ano de dois mil e vinte e quatro, as 18h30min, por videoconferência, no Departamento de Engenharia Mecânica, do Campus da UNESP, da Faculdade de Ilha Solteira, o discente **Augusto Rosa de Souza**, matriculado sob o número 181052741, tendo como banca examinadora, o orientador Prof. Ph.D. Miguel Ângelo Menezes, a Engenheira Mecânica Gabriela Lima Silva (GE Helthcare) e o Prof. Dr. Vicente Afonso Ventrella apresentou o Trabalho de Graduação intitulado: "Ferramentas de Manufatura Enxuta Alinhadas a Manutenção Centrada na Confiabilidade com Aplicação na Gestão de Geradores Movidos a Gás Natural", obtendo a nota final (9,6) NOVE e seis.

Por ser verdade, os membros da banca examinadora e o discente assinam em seguida.



Prof. Ph.D. Miguel Ângelo Menezes (Orientador)

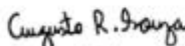


GABRIELA LIMA

Eng^a. Mec. Gabriela Lima Silva (GE Healthcare)



Prof. Dr. Vicente Afonso Ventrella



Augusto Rosa de Souza (Discente)

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Eduardo Lopes de Souza e Yara Aparecida Rosa de Souza, e aos meus irmãos, Alfredo de Souza Queiroz Neto e Arthur Rosa de Souza, por me apoiarem e acreditarem em mim, sendo inspiração, me ajudando a ter conquistas como essa.

Agradeço a todos meus amigos da turma 18/1 da Engenharia Mecânica que estudaram comigo ao longo dessa caminhada, me ajudando em momentos bons e ruins e tenho certeza que eu os levarei comigo para o resto da vida.

A Equipe Fênix Racing que me auxiliou na jornada durante a graduação, estando presente todos os dias dos meus cinco anos em Ilha Solteira e me dando uma motivação a mais para persistir e terminar o curso. Por me ajudarem a ter o conhecimento e aprendizagem capaz de me tornar um profissional melhor, um companheiro de equipe melhor e por terem me proporcionado momentos que eu lembrarei para sempre.

A minha empresa atual na qual fiz estágio extracurricular, que possibilitou o desenvolvimento e elaboração deste trabalho, fornecendo o tempo, os materiais e os dados para estudo. A toda a minha equipe que fez parte desse período tão importante e engrandecedor. Principalmente ao meu gestor Fernando Rodrigo Macchion, por ter me dado a oportunidade de estagiar na companhia, auxiliar em meu desenvolvimento e permitir a elaboração deste trabalho.

Ao professor Miguel Ângelo Menezes, por aceitar ser meu orientador deste trabalho, me dando todo o apoio necessário para realização de um excelente trabalho.

“No que diz respeito ao empenho, ao compromisso, ao esforço, à dedicação, não existe meio termo. Ou você faz uma coisa bem feita ou não faz.”

Ayrton Senna

RESUMO

A manufatura enxuta tem como principal exemplo o Sistema *Toyota* de Produção, que tem como propósito a redução dos desperdícios encontrados nos processos, com a produção de apenas o necessário, com melhorias contínuas e sempre mantendo a qualidade da produção. Com os avanços nas indústrias, houve a necessidade de uma qualidade operacional excepcional, que faz com que essa filosofia se dissemine e ganhe muito mais relevância. Já a manutenção centrada na confiabilidade (MCC) por outro lado, tem como principal objetivo avaliar e focar nas atividades mais importantes na manutenção industrial para garantir a disponibilidade e confiabilidade do processo produtivo desejado. O presente trabalho envolve uma análise da gestão de manutenção dos geradores movidos a gás natural, que permitem a produção de gás carbônico, através da purificação dos gases de exaustão, para uma fábrica de refrigerantes em Jundiaí-SP. Assim, por meio de um estudo detalhado do processo de gestão, através da ferramenta DMAIC (Determinar, medir, analisar, implementar e controlar), é mapeado o fluxo atual e os envolvidos, possibilitando encontrar os problemas de tal processo, medir os mesmos, identificando as causas raízes e propondo melhorias para tal. Os resultados do presente trabalho, fundamentado na manufatura enxuta e manutenção centrada na confiabilidade, mostram-se satisfatórios e indicam de forma eficaz a aplicabilidade dessas novas ferramentas e estratégias de gestão da manutenção da empresa, baseadas na disponibilidade e na confiabilidade, como na segurança das operações e dos equipamentos; estabelecendo um fluxo de gestão bem definido.

Palavras-chave: manufatura enxuta; manutenção centrada em confiabilidade; indústria de gases; geradores movidos a gás natural; DMAIC.

ABSTRACT

Lean manufacturing has as its main example the Toyota Production System, which has as its ideal the reduction of waste found in processes, with the production of only what is necessary, with continuous improvements and always maintaining the quality of production. With advances in industries, there is a need for exceptional operational quality, which made this philosophy spread and gain much more relevance. Reliability centered maintenance (RCM), on the other hand, has the main objective of evaluating and focusing on the most important activities in industrial maintenance to guarantee the availability and reliability of the desired production process. The present work involves an analysis of the maintenance management of generators powered by natural gas, which allow the production of carbon dioxide, through the purification of exhaust gases, for a soft drink factory in Jundiaí-SP. Thus, through a detailed study of the management process, using the DMAIC (Determine, measure, analyze, implement and control) tool, the current flow and those involved is mapped, making it possible to find the problems in such a process, measure them, identify the root causes and propose improvements to this end. The results of the present work, based on lean manufacturing and reliability centered maintenance, are satisfactory and effectively indicate the applicability of these new tools and strategies for managing the company's maintenance, based on availability and reliability, such as the safety of operations and equipment; establishing a well-defined management flow.

Keywords: lean manufacturing; reliability centered maintenance; gas industry; generators powered by natural gas; DMAIC.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplificação do Modelo Fordista.	17
Figura 2 - Superprodução.....	18
Figura 3 - Espera.....	19
Figura 4 - Transporte.....	19
Figura 5 - Processamento.	20
Figura 6 - Estoque.....	20
Figura 7 - Movimentação.....	21
Figura 8 - Retrabalho.	21
Figura 9 - Muda, Mura e Muri.	22
Figura 10 - O Sistema Toyota de Produção	25
Figura 11 - Programa 5S.....	28
Figura 12 - Exemplo do sistema <i>Just-in-Time</i>	29
Figura 13 - Método <i>Kaizen</i>	30
Figura 14 - Método <i>Kanban</i>	31
Figura 15 - PDCA	33
Figura 16 - Análise de causa raiz	34
Figura 17 - Meta <i>SMART</i>	35
Figura 18 - Ferramenta DMAIC	37
Figura 19 - Diagrama de <i>Ishikawa</i>	38
Figura 20 - Cinco porquês	39
Figura 21 - Matriz PICK	40
Figura 22 - Matriz RACI.....	41
Figura 23 - Cogeração de energia.....	44
Figura 24 - Voz do Cliente.....	45
Figura 25 - <i>Handover Chart</i> do fluxo atual	48
Figura 26 - Diagrama de <i>Ishikawa</i> do caso	49
Figura 27 - Cinco porquês do caso	50
Figura 28 - Matriz PICK do caso	51
Figura 29 - 5S do caso	52
Figura 30 - <i>Handover Chart</i> do fluxo novo	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise de <i>Downtime</i>	48
Tabela 2 - Matriz PICK do caso.....	51
Tabela 3 - Matriz R.A.C.I.	55

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

MCC	Manutenção centrada na confiabilidade
5S	<i>Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuki</i>
JIT	<i>Just-in-time</i>
<i>Lean</i>	<i>Lean Manufacturing</i>
KPI	<i>Key Performance Indicators</i>
PDCA	<i>Plan, do, check, act</i>
RCA	<i>Root Cause Analysis</i>
ADF	Análise de Falha
SMART	<i>Specific, measurable, achievable, relevant, temporal</i>
DMAIC	Definir, medir, analisar, implementar, controlar
PICK	<i>Plan, implement, choose, kill</i>
RACI	Responsável, assistido, consultado, informado
Predict	Software de análise de desvios de parâmetros padrões
Power BI	Software de análise de negócios e análise de dados

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1	Manufatura Enxuta	16
3.1.1	História	16
3.1.2	Muda, Mura e Muri	22
3.1.3	Toyota.....	23
3.1.4	Princípios da Manufatura Enxuta	25
3.1.5	Ferramentas da Manufatura Enxuta.....	26
3.1.5.1	5S	26
3.1.5.2	Hoshin Kanri	28
3.1.5.3	Just-in-time (JIT).....	28
3.1.5.4	Kaizen.....	29
3.1.5.5	Kanban	30
3.1.5.6	KPI's (Key Performance Indicators).....	31
3.1.5.7	PDCA.....	32
3.1.5.8	Poka-Yoke (Teste de erro)	33
3.1.5.9	Análise de causa raiz	34
3.1.5.10	Metas Smart	35
3.1.5.11	DMAIC	35
3.1.5.12	Downtime.....	37
3.1.5.13	Handover Chart	37
3.1.5.14	Diagrama de Ishikawa	38
3.1.5.15	Cinco Porquês	39
3.1.5.16	Matriz PICK	40
3.1.5.17	Matriz RACI	41
3.2	Manutenção	42
4	METODOLOGIA.....	43
5	SOBRE A UNIDADE	44
6	DISCUSSÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS.....	45
6.1	Voz do Cliente	45

6.2	Definir o Problema.....	46
6.3	Medir e identificar os desperdícios.....	47
6.4	Analisar as causas raízes dos desperdícios	49
6.5	Priorizar e implementar soluções	50
6.6	Controlar e manter	53
7	CONCLUSÃO.....	57
7.1	Sugestões para futuros trabalhos	58

1 INTRODUÇÃO

Para buscar preços competitivos e, conseqüentemente, reduzir custos, as empresas sentiram a necessidade de aprimorar continuamente a tecnologia e seus procedimentos, a fim de buscar uma melhoria contínua. Para isso, procuraram utilizar ferramentas adequadas, como a *Kaizen*, uma ferramenta muito útil, que apresenta alta eficiência na resolução de problemas. Portanto, a principal motivação desta pesquisa é estabelecer conceitos que possam ser utilizados no dia a dia de uma empresa de produção de gases e fornecer ferramentas importantes para uma melhoria contínua, contribuindo assim, para a formação de um fluxo de gestão mais consistente.

Com relação a manutenção centrada na confiabilidade (MCC), esta consiste em uma metodologia estruturada com o objetivo de manter a disponibilidade e confiabilidade de um processo produtivo através de ferramentas. Dessa forma, alinhando as melhores técnicas de manutenção, acaba se tornando uma ferramenta vital de gestão de ativos da sua empresa, mediante as suas respectivas peculiaridades.

A unidade de operação de Jundiaí-SP consiste em um ramo mais restrito da empresa conhecido por ser uma unidade de cogeração de energia, onde basicamente através dos gases de exaustão de um gerador movido a gás natural é produzido todo o gás carbônico utilizado na produção de todos os refrigerantes produzidos pelo cliente. Além disso, são produzidas outras utilidades como água gelada, ar comprimido, ar seco, nitrogênio e vapor para o mesmo cliente, dando sentido a classificação dessa fábrica como uma “cogeração”.

Analisando a gestão atual dos geradores, foi notado uma necessidade de buscar uma definição de um fluxo com as devidas necessidades, obrigações e os envolvidos em cada etapa necessária, já que atualmente não está sendo efetivo a forma de gerenciar os mesmos, levando a alguns problemas como o atraso para a realização das manutenções preventivas.

Dessa forma, o presente trabalho foi desenvolvido ao longo do meu período de estágio em tal empresa, durante o ano de 2023 até o momento, tendo como foco a avaliação dos problemas encontrados na gestão atual e a proposição de melhorias, visando a melhoria do processo para, dessa forma, garantir uma diminuição dos custos com manutenções corretivas.

2 OBJETIVOS

O trabalho tem como principais objetivos:

- Entender o atual fluxo de gestão de geradores movidos a gás natural;
- Propor melhorias através da aplicação de ferramentas de manufatura enxuta alinhado com manutenção centrada na confiabilidade;
- Entender como é o fluxo atual de gerenciamento dos mesmos, com base na gestão das manutenções, na tratativa dos incidentes e dos problemas encontrados, na divisão das responsabilidades e nas ferramentas já utilizadas;
- Contextualizar o funcionamento do sistema de produção de gás carbônico através de geradores movidos a gás natural, para fornecimento à uma fábrica de refrigerantes, dando sentido, dessa forma, a importância que essa gestão deve ter.

Outros objetivos também presentes são:

- Reduzir a quantidade de atrasos das manutenções preventivas;
- Criar um histórico de informações a respeito dos geradores;
- Utilizar-se da análise de falhas para evitar recorrências de eventos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Manufatura Enxuta

3.1.1 História

Até o final do século XIX, a produção de bens de consumo era manual. A mão de obra de alta qualidade era usada para realizar o desejo dos consumidores, apenas uma peça por vez. Cada peça era produzida de forma independente por um único artesão, que utilizava seus próprios padrões de medição. O resultado disso é o consumidor possuindo exatamente o que desejava, por um preço que costumava ser invariavelmente alto. No início do século XX, existia uma teoria voltada para a racionalização da gestão industrial, que antes era realizada de forma assistemática por meio da produção manual. Uma das teorias mais importantes que surgiram naquela época foi a gestão científica.

Segundo Chiavenato (2000), a abordagem básica dessa teoria é a ênfase na tarefa, que teve seu início com o engenheiro americano Frederick Taylor, onde a sua preocupação original foi a eliminação do fantasma do desperdício e das perdas sofridas pelas indústrias, elevando assim, os níveis de produtividade. Sua obra ficou conhecida como Taylorismo e fundamentou-se no estudo de tempos e movimentos, divisão do trabalho, desenho de cargas e tarefas, padronização de métodos e máquinas, incentivos salariais e prêmios de produção, entre outros.

Segundo Chiavenato (2000), Henry Ford promoveu a grande inovação do século 20 ainda na Escola de Administração Científica; a produção em massa, conforme mostra a Figura 1. Ford inovou em arranjos de trabalho; produção em massa de produtos acabados com a mais alta garantia de qualidade e o menor custo. Utilizou um sistema centralizado vertical, que consiste na integração funcional das diferentes etapas da cadeia produtiva, junto da concentração horizontal, correspondente à fusão de entidades econômicas competitivas, produzindo todos os produtos, desde as matérias-primas iniciais até os produtos finais. Tais sistemas fornecem os mesmos produtos ou serviços em um determinado mercado por meio de sua própria agência, em uma rede comercial de distribuição.

Os sistemas utilizam mão de obra altamente qualificada e a massificação das máquinas produz produtos padronizados. Um dos pontos-chave da produção em

massa é a intercambialidade consistente e o fácil ajuste das peças na linha de montagem, cuja idealização mudou o conceito mais básico de como produzir mercadorias.

Figura 1 - Exemplificação do Modelo Fordista



Fonte: Escola, 2018.

Quando Taylor, Ford e outros engenheiros desenvolveram a administração científica, surgiram na França teorias clássicas de administração, que enfatizavam a estrutura que as organizações devem possuir para melhorar a eficiência, em que Henry Fayol é o fundador da teoria, que analisa o sistema da empresa por uma perspectiva abrangente e universal. Alguns de seus principais conceitos são a unidade de comando, em que cada funcionário só recebe ordens de um departamento superior e central, com a autoridade concentrada no topo da hierarquia.

Logo em seguida, surgiu uma abordagem humanística, voltada para as pessoas que trabalham ou participam da organização. Essa abordagem chamou a atenção para máquinas, métodos de trabalho e organizações formais, enquanto a atenção para pessoas e grupos sociais foi priorizada de aspectos técnicos e formais para aspectos psicológicos e informais. Com base nessa teoria, Chiavenato (2000) comentou sobre o modelo de tecnologia social, a organização, um sistema aberto que interage continuamente com seu ambiente, o qual é composto por dois subsistemas, tecnologia e sociedade. Portanto, o sistema combina a parte técnica com a parte social.

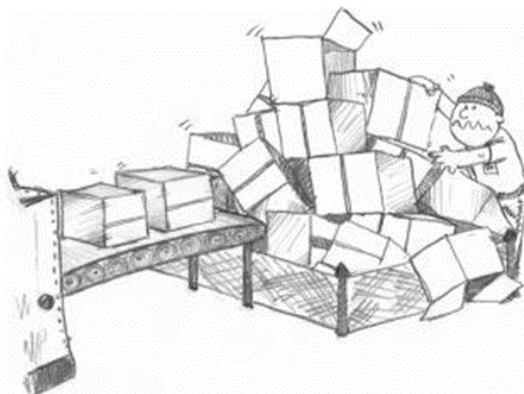
De todas as teorias discutidas, Toyoda (Eiji Toyoda) e Onho propuseram o conceito de manufatura enxuta que se originou no Japão na década de 1950. Eles

perceberam que simplesmente imitar o sistema de produção em massa dos EUA poderia ser perigoso em territórios e mercados consumidores que requerem diversos produtos. Assim, surgiu um novo modelo de sistema de produção, denominado *Lean Production System* ou *Toyota Production System (Lean Manufacturing)*. Seu principal objetivo é ajustar a sequência de trabalho para agregar, de maneira efetiva, valor aos produtos solicitados pelos clientes. Segundo Toledo (2002), o pensamento enxuto pode ser entendido como uma forma de produzir cada vez mais produtos com cada vez menos recursos, ao contatar os clientes e lhes fornecer o que realmente desejam, tornando o trabalho mais gratificante. As pessoas são satisfeitas e fornecem *feedback* imediato sobre os esforços para transformarem resíduos em valor.

Para Campos (1996), desperdício se refere a todo e qualquer recurso gasto na execução de um produto ou serviço além do absolutamente necessário (por exemplo, matéria-prima, tempo, energia). Esta é uma taxa adicional que aumenta o custo normal do produto ou serviço, sem trazer qualquer melhoria para o cliente. Reduzir o desperdício na manufatura significa eliminar tudo o que aumenta os custos de produção, ou seja, transformar mudanças em valor. Esse desperdício deve ser sempre analisado, pois a filosofia da manufatura enxuta é sua supressão por completo. O processo sempre pode ser aprimorado independentemente do número de vezes em que é analisado. Portanto, de acordo com a pesquisa de Ohno (1997), existem sete tipos de resíduos da produção, que se deve estar atento:

1. Superprodução: não produzir mais do que o necessário, ou em períodos anteriores a necessidade do cliente, como mostrado na Figura 2.

Figura 2 - Superprodução



Fonte: ENGSIM, 2018.

2. Espera: manter os recursos livres entre as operações, como enfatizado na Figura 3.

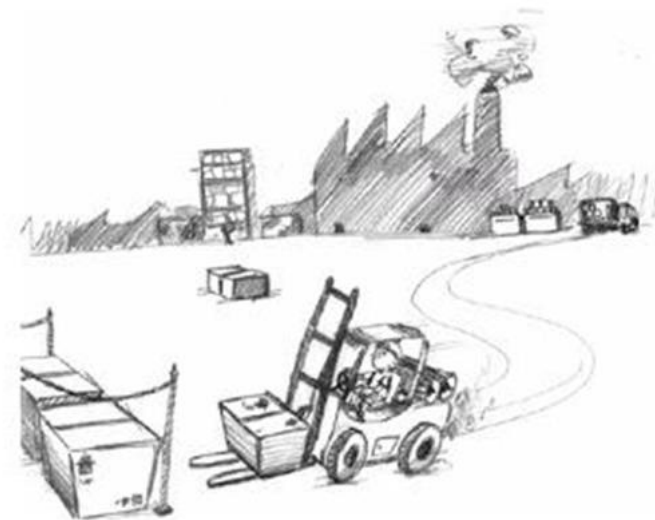
Figura 3 - Espera



Fonte: ENGSIM, 2018.

3. Transporte: executar qualquer transporte de material que não seja necessário, como indicado na Figura 4.

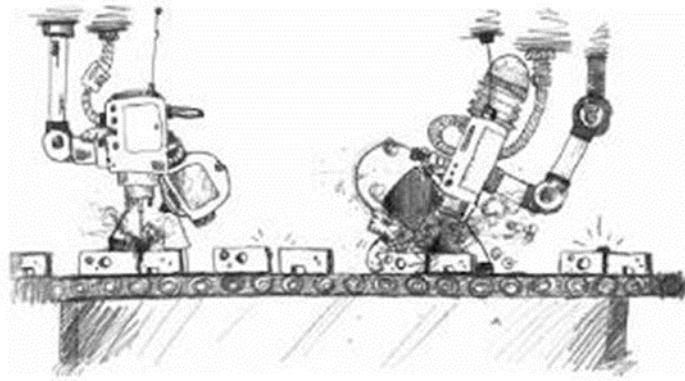
Figura 4 - Transporte



Fonte: ENGSIM, 2018.

4. Processamento: limitações de equipamentos ou métodos que causem estresse e desperdício, como não aumentar o valor da peça, conforme a Figura 5.

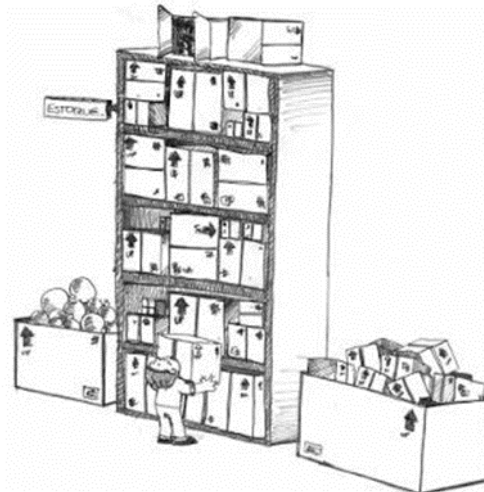
Figura 5 - Processamento



Fonte: ENGSIM, 2018.

5. Estoque: qualquer material que exceda o fluxo de peças, ou seja, que não é necessário, como indicado na Figura 6.

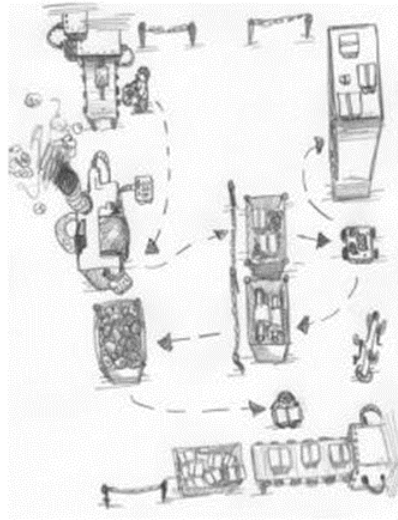
Figura 6 - Estoque



Fonte: ENGSIM, 2018.

6. Movimentação: qualquer movimento de pessoa ou operação de máquina que não agregue valor ao produto, como esquematizado na Figura 7.

Figura 7 - Movimentação



Fonte: ENGSIM, 2018.

7. Retrabalho: atividade de recuperação de produtos defeituosos, como mostrado na Figura 8.

Figura 8 - Retrabalho



Fonte: ENGSIM, 2018.

O oitavo resíduo de produção foi adicionado após a identificação dos sete primeiros por Ohno, que já é citado por alguns autores na literatura:

8. Desperdício intelectual: tempo, ideias, habilidades, progresso e oportunidades de aprendizagem são desperdiçados pela não participação dos funcionários e desprezo de suas opiniões.

Augusto Rosa de Souza

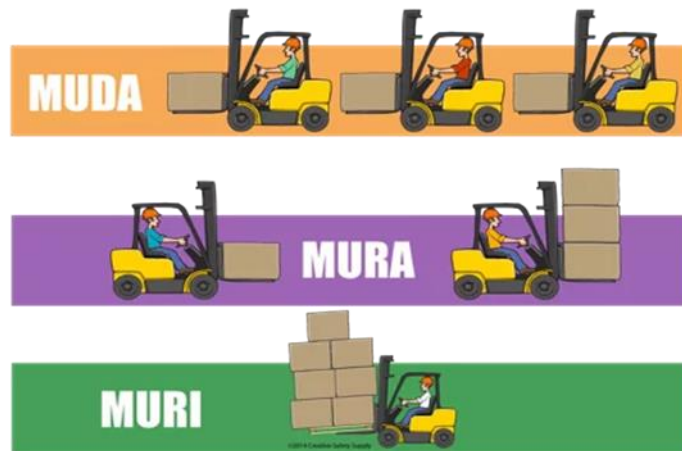
Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Cursos: Eng^a Agrônômica, Ciências Biológicas, Eng. Civil, Eng. Elétrica, Eng. Mecânica, Física, Matemática e Zootecnia.
Avenida Brasil Centro, 56 - CEP 15385-000 Ilha Solteira São Paulo Brasil
pabx (18) 3743 1000 fax (18) 3742 2735 scom@adm.feis.unesp.br www.feis.unesp.br

3.1.2 Muda, Mura e Muri

São termos de origem japonesa e comumente utilizados por pessoas que trabalham com o Sistema Toyota de Produção (STP) para descrever os tipos de desperdícios encontrados em uma organização. Sendo assim, pode-se ilustrar tais desperdícios, utilizando-se a Figura 9.

Figura 9 - Muda, Mura e Muri



Fonte: Martins, 2019.

Em resumo, pode-se observar que no Muda se produz muito menos do que se poderia, gerando desperdício de recursos. Sendo assim, com objetivo de identificar e combater os Muras em uma organização, Taiichi Ohno desenvolveu uma lista com os sete tipos de desperdícios do ponto de vista do *Lean Manufacturing*, são eles: defeitos, superprodução (contrariando o *Just in Time*), espera (tempo não utilizado de forma eficiente), transporte (tempo necessário para deslocar produtos), deslocamento (tempo gasto para pessoas se movimentarem pela fábrica), processamento inapropriado (trabalhar mais do que o necessário) e, por fim, o estoque que pode esconder alguns problemas como, falta de previsibilidade de vendas ou falta de confiabilidade nos equipamentos produtivos.

O Mura, por sua vez, corresponde a uma irregularidade na produção, ou seja, a produção é desbalanceada. Na medida em que algumas máquinas produzem bem menos do que poderiam, outras, em contrapartida, produzem mais do que o normal. Esse desnivelamento na produção pode ser evitado, aplicando-se a ferramenta do

Just in Time, pois se estabelece um controle rígido de produtos, que possa fornecer ao cliente, peças no momento certo e na quantidade correspondente a demanda. Da mesma forma, ferramentas como *Heijunka* e *Kanban* podem ser utilizadas para controlar diferentes fases do processo, sendo, assim, indispensáveis para identificar e eliminar o Mura.

O Muri corresponde a uma sobrecarga na organização, equipamentos ou pessoas que excedam os seus limites naturais. Então, o Muri pode resultar em problemas com a qualidade dos produtos, comprometer a segurança das pessoas que trabalham nessa fábrica, e também, pode ocasionar quebras de equipamentos e aumento de defeitos. Assim, para que o Muri seja evitado, é importante que o trabalho seja padronizado, dividindo os processos em subprocessos e reduzindo ações para sua forma mais simples.

Portanto, os 3M's (Muda, Mura e Muri) devem ser diagnosticados e eliminados com urgência em uma organização. Para que isso seja possível, faz-se uma análise ampla da mesma, englobando todas as suas esferas, desde o chão de fábrica até o escritório administrativo, de forma a abranger a organização como um todo. Assim, deve-se analisar as pequenas organizações de trabalho até as grandes empresas, visando sempre evitar esses desperdícios, que podem acabar com os seus recursos e, prejudicá-los de forma drástica.

3.1.3 Toyota

No mundo industrial, poucas empresas tiveram tanto sucesso quanto a Toyota na implementação de conceitos de produção enxuta. Segundo pesquisa de Spear e Bowen (1999), observadores que visitam a Toyota confundem ferramentas e práticas com o próprio sistema, o que torna difícil para esses observadores entenderem como a Toyota padronizou suas atividades ao mesmo tempo, com flexibilidade e versatilidade na operação.

Para esclarecer essa questão, Spear e Bowen (1999) decodificaram o sistema *Toyota*, ao realizarem uma análise interessante da função do sistema *Toyota*, que criou, de maneira universal, o seu próprio sistema. De acordo com Spear e Bowen (1999), a Toyota segue estritamente o método científico para sua melhoria, ou seja, toda vez que a Toyota desenvolve um padrão, ela cria um conjunto de hipóteses para

testar. Para fazer qualquer mudança, a Toyota adotou um rigoroso processo de resolução de problemas, que requer uma avaliação cuidadosa da situação atual e o desenvolvimento de um plano de melhoria, que, na realidade, trata-se de um teste experimental das mudanças propostas.

Para explicar como funciona o Sistema *Toyota*, Spear e Bowen (1999) propuseram um conjunto de quatro princípios, quatro regras padronizadas, que mostram como a Toyota estabelece todas as suas operações como um experimento, bem como regras aprimoradas, que descrevem esse processo. Igualmente, eles explicaram como a Toyota ensina métodos científicos para seus funcionários em todos os níveis da organização.

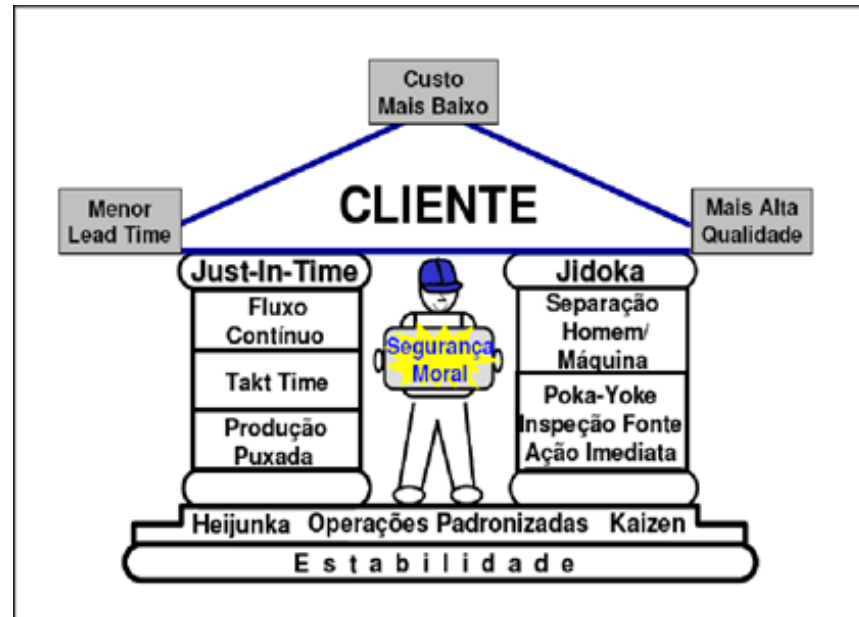
As quatro regras da Toyota descritas por Spear e Bower (1999) são as seguintes:

1. Todos os trabalhos devem ser totalmente padronizados em termos de conteúdo, sequência, tempo e resultados;
2. Todas as conexões cliente-fornecedor devem ser diretas, e deve haver uma forma clara de “sim ou não” para enviar solicitações e receber respostas;
3. Todos os processos de produtos e serviços devem ser simples e claros;
4. Todas as melhorias devem ser realizadas de acordo com o método científico, sob a orientação de um professor e no nível mais baixo da organização.

Pode-se enfatizar que, a princípio, a primeira regra refere-se a forma como as pessoas trabalham, ou seja, a necessidade de se criar padrões para que os problemas sejam descobertos e soluções propostas. A segunda regra estipula as informações de contato entre a empresa e os consumidores, que devem ser sempre claras e binárias. A terceira regra se refere ao planejamento dos recursos de produção a partir de um processo simples e pré-especificado, e a quarta regra é uma regra de como melhorar o processo definido de forma consistente e sustentável.

Diversas empresas no mundo tomam a Toyota como referência para a implantação da manufatura enxuta e constroem seus próprios modelos com base nisso. O modelo apresentado por Ghinato, mostrado na Figura 10, é uma das representações da estrutura do Sistema *Toyota* de Produção (também conhecido como “Casa da Toyota”). O modelo descreve alguns princípios que a Toyota usa para disseminar e manter a produção enxuta nas fábricas.

Figura 10 - O Sistema Toyota de Produção



Fonte: Ghinato, 1995.

3.1.4 Princípios da Manufatura Enxuta

Os sistemas de manufatura enxuta são dedicados, principalmente, a encurtar o *lead time* (o tempo gasto pelo sistema de produção para que a matéria-prima se transforme em item finalizado) e exigem a maximização da produtividade para eliminar todos os tipos de desperdício no processo, melhorando, dessa forma, a eficácia dos processos existentes. De acordo com Jones e Womack (1998), o principal objetivo da manufatura enxuta é ajustar a sequência de trabalho ideal para agregar valor de forma efetiva aos produtos requeridos pelos clientes, fornecer com precisão o que os clientes desejam e executá-los da melhor maneira, de forma a transformar o desperdício em valor. A manufatura enxuta é uma maneira de tornar o trabalho mais satisfatório, podendo fornecer *feedback* imediato sobre os esforços para transformar a "muda" (desperdício) em valor, tornando os trabalhadores mais motivados. As organizações devem seguir certos princípios para tornar a produção enxuta totalmente funcional. Esses conceitos devem ser executados na ordem em que aparecem. A interação entre os quatro princípios básicos forma um poderoso ciclo que sempre expõe os resíduos ocultos na cadeia de valor. Portanto, deve-se descobrir, a partir dos pedidos feitos pelos clientes, mais e mais obstáculos no processo e, eliminá-los o mais rápido possível. Um bom hábito de descobrir o que pode agregar valor ao cliente final é

utilizar uma equipe dedicada para identificar e especificar as reais necessidades dos consumidores.

Os princípios mais importantes da manufatura enxuta são:

- **Valor:** De acordo com Jones e Womack (1998), o ponto de partida do pensamento enxuto é o valor. O valor só pode ser definido por um cliente com base em um produto específico (bens ou serviços ou ambos) que atenda suas necessidades a um preço específico, em um momento específico;
- **Cadeia de Valor:** Segundo Hines e Taylor (2000), todo produto ou serviço possui uma cadeia de valor, e sua análise deve mostrar três tipos de comportamentos existentes: atividades com valor agregado, atividades sem valor agregado, mas necessárias e atividades sem valor agregado;
- **Fluxo:** De acordo com Shingo (1996), o uso de equilíbrio de produção, sincronização e fluxo de peças unitárias para encerrar a espera entre processos é uma grande melhoria. Portanto, esse princípio relata a importância do fluxo contínuo, no qual as etapas de produção são organizadas em uma determinada ordem, para que o produto possa prosseguir para a próxima etapa, sem estoque intermediário ou produtos semiacabados;
- **Produção Puxada:** Segundo Jones e Womack (1998), uma produção puxada em termos simples significa que o processo inicial não deve produzir bens ou serviços sem requisitos do cliente para os processos subsequentes. Portanto, a empresa deve puxar os pedidos por meio dos clientes, em vez de produzir de acordo com suas capacidades (empurrar o pedido);
- **Perfeição:** O ponto de partida desse princípio é a eliminação de desperdícios como sendo uma rotina diária na organização. Desta forma, a empresa nunca deve interromper seus esforços para melhorar o processo.

3.1.5 Ferramentas da Manufatura Enxuta

3.1.5.1 5S

O 5s representa o método base do *Lean Manufacturing*, sendo, frequentemente, utilizado como ponto de partida para implementação das ferramentas

utilizadas no *Lean*. Portanto, ele pretende implementar melhorias na eficiência e qualidade dos processos desenvolvidos pela empresa. Sendo assim, o método visa atingir o melhor da empresa de forma sistemática, com organização, limpeza, padronização, e um local de trabalho adequado.

A origem desse método remete ao Japão após a segunda guerra mundial, em meados de 1950 e 1960. Sendo, no início, um "segredo" para o sucesso das empresas japonesas. Então, o pesquisador Hiroyuki Hirano desenvolveu uma abordagem para sistemas de produção, fornecendo, assim, uma estrutura para melhoria que segue 5 etapas, conforme a Figura 11, sendo cada uma dessas dependente da anterior. Essas etapas são o que chamamos de 5s:

- Classificar (Seiri): Nessa primeira etapa do método 5s é necessário que você separe claramente itens necessários dos itens desnecessários. Assim, após essa separação, remove-se do local todos os itens que se considera desnecessários e não essenciais para a produção atual. Dessa forma, os itens utilizados com maior frequência devem ficar próximos à área de trabalho, de forma organizada e identificada;
- Ordenar ou Simplificar (Seiton): O objetivo dessa fase é manter os itens no local correto para que qualquer pessoa os encontre com facilidade quando necessário. Assim, deve-se identificá-los utilizando etiquetas para que seja possível uma melhor organização;
- Brilhar ou Varrer (Seiso): Esse processo tem enfoque na limpeza, ou seja, a remoção de pó, fuligem entre outros detritos da área de trabalho, buscando sempre manter a área limpa, livre de entulhos e arrumada;
- Padronizar (Seiketsu): Nessa etapa, busca-se criar um modo consistente de implementar as tarefas explicitadas nas etapas anteriores diariamente de forma objetiva e prática, seguindo um padrão de limpeza e de trabalho;
- Manter (Shitsuki): Por fim, visa-se manter essas práticas com disciplina para que seja possível um sucesso continuado, criando, assim, hábitos para que os padrões sejam cumpridos a longo prazo.

Figura 11 - Programa 5S



Fonte: Dana, 2019.

3.1.5.2 Hoshin Kanri

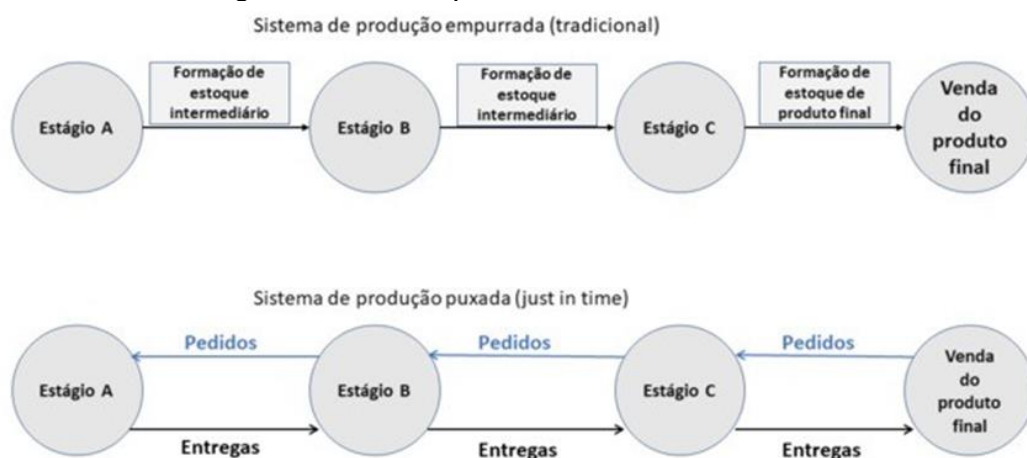
Esse método, refere-se ao conjunto de estratégias e orientações para o desdobramento de objetivos da empresa. Sendo assim, a gestão de objetivos deve trabalhar para alinhar a empresa e seus colaboradores, otimizando o tempo e todos os recursos para atingir determinado objetivo. Permitindo, assim, avaliar se cada tarefa e/ou etapa do projeto é realizada de modo eficaz no dia a dia da empresa, de acordo com os objetivos da mesma. Essa abordagem de gestão surgiu nos anos 1960, sendo criada pela fabricante japonesa Toyota. Assim, esse termo, significa, ao pé da letra, “gestão por objetivos” ou “gestão por metas” e começou a ser empregado na gestão de qualidade da empresa. Dessa maneira, sabe-se que para uma organização desenvolver uma estratégia ela precisa descrever objetivos, ações e determinar ambientes de negócio, prazo e dados precisos, garantindo que o progresso em direção aos objetivos estratégicos seja consistente e completo; eliminando o desperdício que tem origem em uma comunicação deficiente e direção inconsistente.

3.1.5.3 Just-in-time (JIT)

Corresponde a um sistema de produção que visa produzir produtos para atender a demanda real do cliente, sendo assim, no JIT não há a criação de estoques,

buscando otimizar o tempo de produção, recursos e retorno. Então, esse sistema apresenta impacto positivo em uma cadeia produtiva, permitindo alocar matéria-prima na quantidade certa para determinado produto em um determinado tempo para atender a necessidade do cliente. Dessa forma, a produção de peças é puxada com base na demanda do cliente, em vez de ser empurrada com base na demanda projetada. Sendo assim, é altamente eficaz na redução dos níveis de inventário, melhora o fluxo de caixa, permite um maior controle de qualidade e quantidade no fluxo de produção, entre outras vantagens. Porém, como qualquer outro sistema de produção, existem alguns pontos negativos; são eles: a incapacidade de aplicação desse sistema em empresas que apresentam grandes níveis de oscilação de mercado, e também em empresas que precisam ter estoques maiores e, assim, não convém que estas trabalhem com estoque mínimo. Então, de forma geral, pode-se exemplificar essa metodologia do *Just-in-Time*, utilizando-se da ilustração apresentada na Figura 12.

Figura 12 - Exemplo do sistema *Just-in-Time*



Fonte: Financeiro.

3.1.5.4 Kaizen

Em japonês, essa palavra significa melhoria, mudança para melhor e até mesmo melhoria contínua a longo prazo. Sendo que, surgiu no processo de desenvolvimento da metodologia *Lean* nos anos 1950, na fábrica Toyota, quando a mesma buscava se reerguer depois da Segunda Guerra Mundial.

Corresponde a uma estratégia em que os funcionários trabalham de forma proativa para obter melhorias periódicas e incrementais no processo de fabricação.

Combinando, assim, os talentos coletivos de uma empresa de modo que seja possível criar um mecanismo que elimina continuamente os desperdícios nos processos de fabricação.

Portanto, o método *Kaizen* é muito eficaz na identificação dos três tipos básicos de resíduos citados anteriormente (Muda, Mura e Muri). Capacitando todos a assumir a responsabilidade por seus processos e suas melhorias. Dessa maneira, os funcionários envolvidos e presentes em todos os níveis da organização estão constantemente envolvidos na busca e identificação de oportunidades de mudança e melhoria. Assim, a metodologia *Kaizen* não é apenas um evento único, correspondendo a um processo contínuo, que ocorre todos os dias. Por isso, a Figura 13 representa um ciclo de processos, em que uma etapa vai depender sempre da sua anterior.

Figura 13 - Método *Kaizen*



Fonte: Consultoria, 2019.

3.1.5.5 Kanban

Trata-se de um conceito que ganhou força a partir do conhecimento e estudo relacionado ao sistema *Toyota* de Produção. Assim, passou a ser implementado, tornando-se uma aliada da melhoria contínua das empresas. Então, resumidamente,

Augusto Rosa de Souza

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Cursos: Eng^o Agrônomo, Ciências Biológicas, Eng. Civil, Eng. Elétrica, Eng. Mecânica, Física, Matemática e Zootecnia.

Avenida Brasil Centro, 56 - CEP 15385-000 Ilha Solteira São Paulo Brasil

pabx (18) 3743 1000 fax (18) 3742 2735 scom@adm.feis.unesp.br www.feis.unesp.br

trata-se de um método de regulamentação do fluxo de mercadorias tanto na fábrica quanto em fornecedores externos e clientes. Sendo assim, tem como base a reposição automática através de cartões de sinal que indicam quando são necessários mais produtos, eliminando a necessidade de inventários físicos, os desperdícios deste inventário e da superprodução.

Então, na prática, o sistema funciona a partir do uso de cartões com cores diferentes que representam a necessidade dos itens dentro da jornada de produção de um projeto. Tradicionalmente, esses cartões do sistema *Kanban* são impressos e dispostos em lugar estratégico dentro da linha de produção.

A utilização desse sistema tem diversas vantagens como, por exemplo:

- Permitir uma visão geral pelo que deve ser feito;
- Permitir que o trabalho seja realizado de maneira inteligente;
- Melhora o fluxo de trabalho;
- Ajuda na organização em função da transparência;
- Facilita o planejamento de compras;
- Reduz os riscos de superprodução;
- Aumenta a satisfação do cliente;

A Figura 14 ilustra esse método de forma clara e objetiva.

Figura 14 - Método *Kanban*



Fonte: Labone.

3.1.5.6 KPI's (Key Performance Indicators)

Corresponde ao uso de métricas projetadas para rastrear e incentivar o progresso em direção a objetivos críticos da organização. Sendo assim, quando é

fortemente implementado podem ser fatores extremamente poderosos para o comportamento.

Então, é indicado selecionar cuidadosamente os KPI's que direcionarão o comportamento desejado.

Então, essa técnica está diretamente alinhada com os objetivos estratégicos de alto nível e, dessa forma, é eficaz para expor e quantificar desperdícios.

3.1.5.7 PDCA

Tem por significado Planejar, Fazer, Verificar e Agir. Dessa forma, é aplicada para melhorias com abordagem científica, conforme a Figura 15, seguindo os passos:

- Plano (estabelecer plano e resultados esperados);
- Do (“fazer” ou implementar plano);
- Verificar (verificar os resultados esperados alcançados);
- Agir (revisar e avaliar; faça novamente).

Então, as melhorias observadas com a utilização dessa ferramenta estão vinculadas aos propósitos de:

- Planejar (desenvolver uma hipótese);
- Fazer (executar a experiência);
- Verificar (avaliar resultados);
- Agir (refine sua experiência; tente novamente).

Figura 15 - PDCA



Fonte: Insider, 2020.

3.1.5.8 Poka-Yoke (Teste de erro)

Refere-se a um conjunto de métodos que, quando aplicados corretamente, podem ajudar a empresa a diminuir a ocorrência de erros em suas etapas de produção. Permitindo a implementação de etapas de observação, análise e aplicação de soluções. Portanto, esse termo é de origem japonesa e, em português, significa “à prova de erros”.

Essa metodologia se tornou um dos padrões mais essenciais para previsão e correção de falhas humanas. É considerada uma técnica absolutamente consagrada de gestão em processos industriais. Com o tempo, a ferramenta se ampliou, de modo que ela pode ser aplicada a qualquer situação que envolva riscos de falhas ou defeitos. Então, além de ser aplicada em linhas de produção, ela também pode ser adaptada e aplicada em setores de serviços, em áreas de gestão e administração para aperfeiçoar os resultados. Podendo, assim, ser implementada em qualquer tipo de negócio e empresa, quando esta lida com produção ou montagem de algum tipo. Portanto, para aplicar essa ferramenta, existem 6 passos que devem ser seguidos:

1. Conhecer a falha a ser corrigida;
2. Compreender as causas;
3. Cogitar soluções;

4. Ver a eficácia da solução;
5. Implantar a solução;
6. Fazer o registro interno;

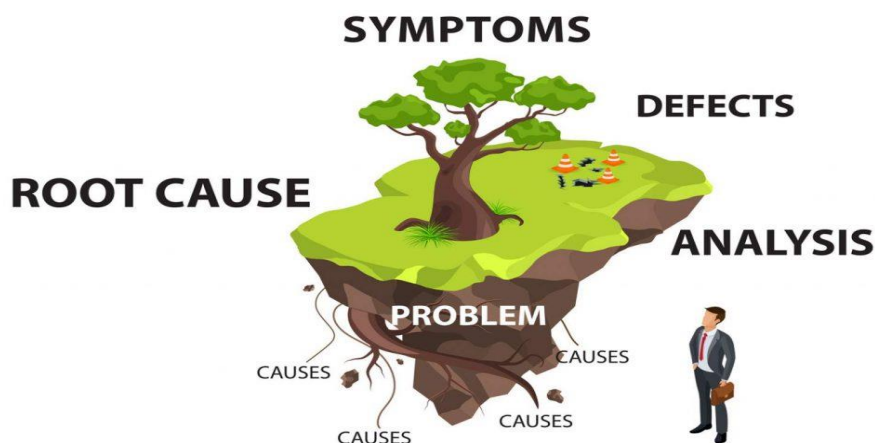
Assim, a aplicação dessa ferramenta ajuda a manter a qualidade dos produtos e uma boa relação de resultado para o cliente e parceiros de mercado.

3.1.5.9 Análise de causa raiz

A “Análise de Causa Raiz” (RCA – *Root Cause Analysis*, em inglês), refere-se a um processo que permite identificar a causa raiz de problemas para orientar a geração de soluções certas para cada tipo de situação. Dessa forma, a RCA, conforme a Figura 16, pode ser realizada a partir de um conjunto de princípios, técnicas e metodologias que preparam a empresa como um todo para identificação de erros, riscos e problemas já existentes. Então os objetivos desse processo correspondem a identificação da causa raiz de um problema ou evento, buscando entender como resolver e contornar os problemas utilizando os eventos como aprendizado.

Então, dentre os benefícios da sua utilização, pode-se observar: o controle sendo instalado em diferentes áreas da empresa, sendo que a empresa é capaz de solucionar um grande número de problemas, proporcionando a sensação de dever cumprido.

Figura 16 - Análise de causa raiz

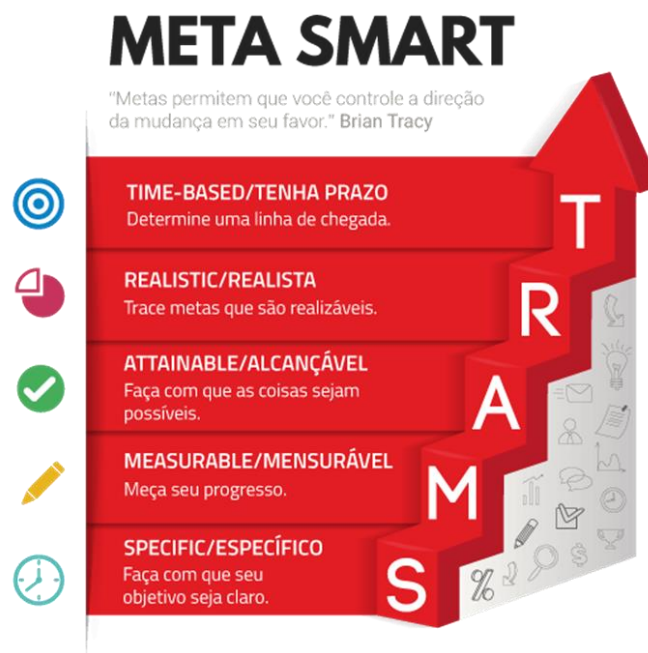


Fonte: Gomes, 2021.

3.1.5.10 Metas Smart

Refere-se a uma sigla utilizada para definir objetivos de forma mais direta e com grandes condições de acertos. Sendo que, conforme a Figura 17, a letra "S" significa "condição específica", a letra "M" para o termo "mensurável", a letra "A" para "atingível", a letra "R" para a palavra "relevante" e a letra "T" para temporal. Correspondendo, assim, a uma espécie de ferramenta conceitual de negócios que atua, principalmente, para definir metas. Sendo que, essa metodologia serve para empresas de diferentes portes e segmentos, e podendo ser utilizada até pelas pessoas em seus projetos pessoais e profissionais.

Figura 17 - Meta SMART



Fonte: Rabello, 2023

3.1.5.11 DMAIC

O DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar) consiste em uma abordagem de melhoria contínua em processos de fabricação, tendo por base uma abordagem estruturada para identificar, analisar e resolver problemas em processos

de fabricação. Tal ferramenta, mostrada na Figura 18, realiza-se em etapas, as quais são:

- Definir: A fase inicial do DMAIC envolve a definição clara do problema a ser abordado e dos objetivos do projeto, incluindo a identificação das necessidades do cliente, o estabelecimento de metas de melhoria e a realização do escopo do projeto;
- Medir: Nesta fase, os parâmetros críticos do processo são identificados e mensurados, através da coleta de dados relevantes para entender o desempenho atual do processo e estabelecer uma linha de base para futuras comparações;
- Analisar: Com base nos dados coletados na fase de medição, a fase de análise visa identificar as causas raiz dos problemas identificados, envolvendo muitas vezes a aplicação de ferramentas de manufatura enxuta como o Diagrama de *Ishikawa*, a análise de *Pareto* e a análise de regressão para entender as relações entre as variáveis do processo;
- Melhorar: Nesta fase, são desenvolvidas e implementadas soluções para resolver as causas raiz identificadas durante a fase de análise, em que as estratégias de melhoria são testadas e refinadas por meio de experimentos piloto, e as melhores práticas são implementadas no processo;
- Controlar: Na fase final do DMAIC, sistemas de controle são estabelecidos para monitorar continuamente o desempenho do processo e garantir que as melhorias implementadas sejam sustentadas ao longo do tempo, envolvendo normalmente a definição de KPI's e a implementação de procedimentos de monitoramento e *feedback*.

Figura 18 - Ferramenta DMAIC



Fonte: Pontotel, 2023.

3.1.5.12 Downtime

Em uma perspectiva de manufatura enxuta, consiste no tempo pelo qual um equipamento está inoperante devido a paradas não planejadas, que podem ser causadas por diversos motivos, como; falhas mecânicas, problemas de falha de materiais, ajustes de configuração, entre outros.

A gestão eficaz do *downtime* é fundamental na maximização da eficiência operacional e minimização dos desperdícios no processo produtivo. Existem diversas estratégias para redução do *downtime*, como a implementação de manutenção preventiva, a análise de dados para identificar as principais causas de paradas não planejadas.

Como a redução do *downtime* visa reduzir o tempo pelo qual o equipamento está inoperante, está diretamente relacionada com o aumento da disponibilidade dos equipamentos, aumentando a eficiência geral do processo e contribuindo dessa forma para a redução de custos, consistindo em uma parte essencial da filosofia de manufatura enxuta, já que busca eliminar desperdícios e criar fluxos de trabalho mais eficientes e produtivos.

3.1.5.13 Handover Chart

O *Handover Chart* consiste em uma ferramenta utilizada na manufatura enxuta para visualizar e otimizar um fluxo de trabalho específico, ao se determinar as etapas

que são necessárias, as que não são necessárias e as que agregam valor ao processo; mostrando informações relevantes sobre as operações em curso, destacando os problemas enfrentados, as metas a serem alcançadas e outras informações importantes. Por meio deste, é possível estabelecer um novo fluxo mais eficiente, através de definições de etapas que realmente agreguem valor ao processo.

3.1.5.14 Diagrama de Ishikawa

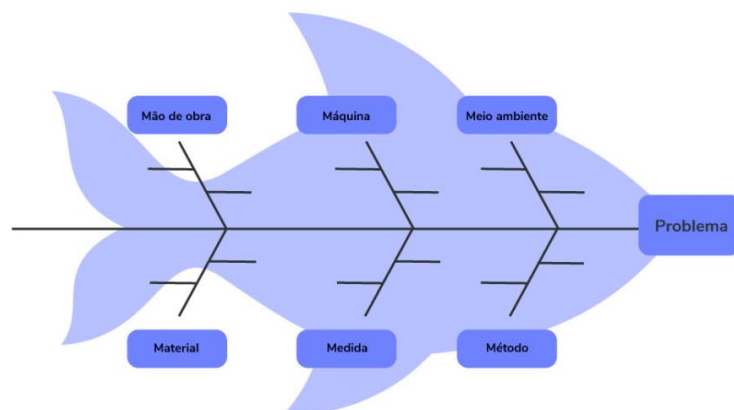
Conhecido por Diagrama de Causa e Efeito ou Diagrama Espinha de Peixe, consiste em uma técnica amplamente utilizada para identificar e visualizar as possíveis causas de um problema específico, como expresso na Figura 19.

Tal ferramenta é conhecida por Diagrama de *Ishikawa* pelo fato de ter sido desenvolvida na década de 1960 pelo Dr. Kaoru Ishikawa, um renomado professor e engenheiro japonês que a desenvolveu, considerando que entender as causas raízes dos problemas é essencial para implementar melhorias, como saná-los.

A construção desse diagrama é feita em torno de uma linha central que representa o problema a ser investigado, sendo desenhado ramos saindo dessa linha que representam diferentes categorias possíveis de causas do problema. Os "6 Ms" consistem nas categoriais mais comuns; sendo máquinas, materiais, mão de obra, mediação e meio ambiente.

Como é um diagrama visual, permite que sejam identificadas as causas raízes dos problemas de forma a se desenvolver soluções para saná-las.

Figura 19 - Diagrama de Ishikawa



Fonte: Abecom, 2023.

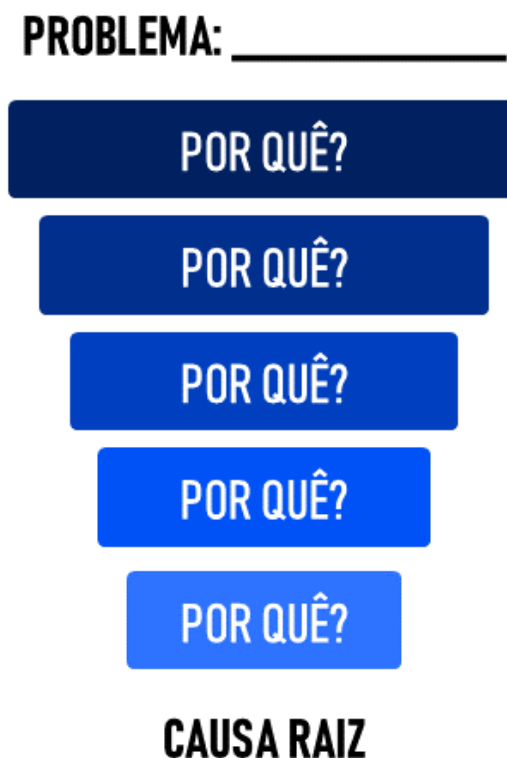
3.1.5.15 Cinco Porquês

Desenvolvida pela Toyota, a técnica dos "Cinco Porquês", expresso na Figura 20, consiste numa ferramenta simples, mas poderosa, utilizada na manufatura enxuta para identificar as causas raiz de um problema específico, ao se enfatizar a importância de investigar a fundo as causas subjacentes de um problema, em vez de apenas tratar os sintomas.

Basicamente se resume em fazer cinco repetidas perguntas "por quê" para identificar as razões por trás de um problema, já que cada resposta para uma pergunta "por quê" leva a outra pergunta "por quê", levando a uma análise mais profunda e abrangente e proporcionando chegar à causa raiz, que normalmente consiste no último "por quê".

É uma ferramenta muito poderosa por levar as pessoas a questionar as suposições e avaliar com muito cuidado as relações de causa e efeito, identificando, dessa forma, as causas imediatas e subjacentes dos problemas.

Figura 20 - Cinco porquês



Fonte: Napoleão, 2019.

3.1.5.16 Matriz PICK

Como consiste em uma ferramenta utilizada na manufatura para classificar e priorizar itens com base em critérios específicos, valor agregado, demanda do cliente, volume de produção, complexidade do processo, entre outros, também é conhecida como matriz de priorização.

Primeiramente, se constrói uma tabela com as ações a serem implementadas e as suas respectivas dificuldades e seu retorno. Com base nisso, se constrói um gráfico com relação a dificuldade e o retorno, de forma a se avaliar quais ações são viáveis de ser realizadas.

Como se têm uma relação de dificuldade e retorno, é necessário priorizar os itens com base em critérios objetivos e mensuráveis, como mostrado na Figura 21; de forma a maximizar o retorno sobre seus investimentos e a otimizar o desempenho geral do processo de produção, ao se decidir o que será implementado, o que será uma possibilidade, o que será um desafio e o que se deve "matar", ou seja, não realizar.

Figura 21 - Matriz PICK



Fonte: Icasas, 2024.

3.1.5.17 Matriz RACI

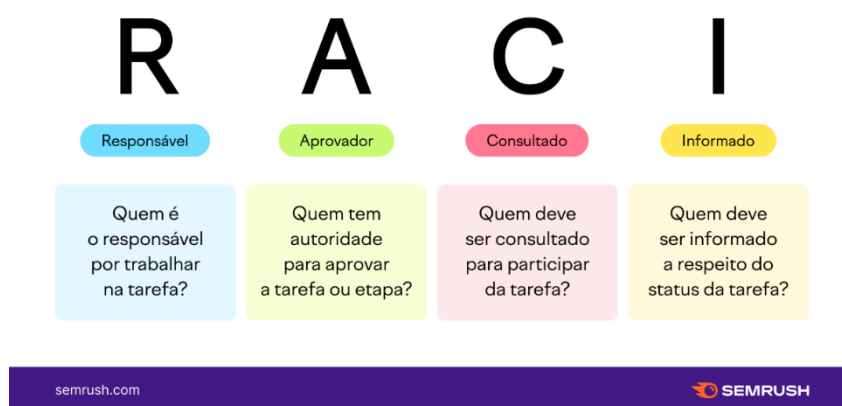
Visa definir as atividades realizadas em um determinado fluxo de trabalho e os envolvidos respectivamente. O termo "RACI" se refere diretamente a quatro tipos de envolvidos nas atividades:

- Responsável (R): Consiste no executante do trabalho, ou seja, a pessoa ou equipe responsável pela realização de uma determinada atividade;
- Assistido (A): Consiste nos envolvidos que tem por função dar suporte a uma pessoa ou equipe responsável na execução da atividade;
- Consultado (C): São os responsáveis por deter as informações ou aprovações necessárias, a ser consultados antes de as atividades ser realizadas;
- Informado (I): Consiste nas pessoas que não são responsáveis pela atividade, mas que precisam ser informadas sobre o progresso da atividade.

Geralmente é elaborada através de uma tabela, como mostrada na Figura 22, em que as atividades são listadas em uma coluna e os papéis RACI são listados nas linhas, definindo, dessa forma, os papéis RACI de cada um dos envolvidos e das atividades.

Por meio dessa, se obtém uma clareza e transparência na distribuição de responsabilidades de modo a evitar ambiguidades ou sobreposições de papéis dentro da equipe, melhorando a comunicação e colaboração entre si.

Figura 22 - Matriz RACI



Fonte: Zhukova, 2022.

3.2 Manutenção

Desde os primórdios, a manutenção foi realizada de forma corretiva, ou seja, corrigindo problemas relacionados com ocorrências de falhas dos equipamentos, sendo que, mesmo que se resolvam os problemas, esta não se mostra muito eficiente, uma vez que implica em algo não planejado, levando-se a custos bem elevados e a uma indisponibilidade do equipamento por um certo período de tempo.

Com base nesses problemas, surgiu a necessidade de levar em conta as estratégias de manutenção preventiva e preditiva; em que a primeira visa programar as paradas para manutenção e trocar componentes específicos em períodos específicos, já a segunda consiste no monitoramento com base em parâmetros padrões, para que se identifique possíveis falhas e se programe o reparo.

Porém, ambas podem estar ligadas a um aumento de custo, já que pode ser realizada a troca de componentes que ainda poderiam ser utilizados por mais tempo, ou a uma manutenção desnecessária por um alarme espúrio.

Dessa forma, surgiu a Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) como uma abordagem mais abrangente e eficaz, visando, uma confiabilidade e disponibilidade exemplar de sistema críticos; pela investigação de possíveis modos de falha que podem causar acidentes, principalmente, na aeronáutica. Tal filosofia têm por base a análise sistemática dos modos de falha e a análise de criticidade dos componentes. Assim, ao invés do emprego dos outros tipos de manutenção referidos anteriormente, a manutenção centrada em confiabilidade reconhece que existem componentes mais críticos mediante ao processo envolvido, sendo indicado um direcionamento dos recursos disponíveis para tais.

Desde o seu surgimento, a MCC ganhou muito reconhecimento, sendo utilizada na indústria em diversos setores; além de amplamente usado no aeronáutico, no de energia e de petróleo e gás, já que garante retornos significativos, como a redução de custos de manutenção, a minimização de falhas inesperadas e o aumento da vida útil dos equipamentos.

Em suma, a evolução industrial e dos processos envolvidos está diretamente relacionada com a necessidade da aplicação da MCC, já que reflete no aumento da disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos. Além disso, muitas vezes o custo de manutenção aumenta ano a ano, e os ativos vão ficando cada vez menos seguros

com o desgaste das peças dos mesmos, sendo ideal ter um estudo de confiabilidade para priorização de recursos dos componentes críticos.

4 METODOLOGIA

O projeto surge com a necessidade de estabelecer um fluxo bem definido de gestão dos geradores movidos a gás natural em uma unidade de Cogeração em uma empresa de gases, de modo que haja um direcionamento tanto dos responsáveis de conduzir as devidas estratégias de manutenção, quanto para os funcionários terceiros que fazem a manutenção dos geradores, permitindo a devida gestão dos mesmos e a garantia de uma boa disponibilidade e confiabilidade. O desafio se mostra significativo, pela demanda excessiva dos responsáveis pela gestão na unidade, apenas 16 funcionários, para um cliente que tem uma produção elevadíssima, sem muita margem para redução do produto fornecido (Dióxido de carbono, vapor, ar comprimido, ar seco, água gelada, nitrogênio), o que causa questionamento quanto aos melhores métodos de gestão dos geradores para atingirem os seus objetivos.

Inicialmente, realizou-se um estudo sobre as ferramentas de manufatura enxuta e MCC, que poderiam ser utilizadas para que viabilizasse os objetivos desejados.

Com base nisso, decidiu utilizar o *DMAIC*, que consiste em uma abordagem de melhoria contínua estruturada para identificar, analisar e resolver problemas em processos diversos.

Tal abordagem é dividida em cinco etapas (Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar) e uma pré etapa (Voz do cliente), em que em suma visa definir claramente o problema a ser abordado e os objetivos do projeto, identificar e mensurar os parâmetros críticos do processo, analisar e decifrar a causa raiz do problema, implementar soluções para o mesmo e, por fim, monitorar e controlar continuamente os resultados de tal trabalho.

Portanto, utilizou-se diversas ferramentas para que o problema real fosse identificado e mensurado, implementando-se as devidas soluções.

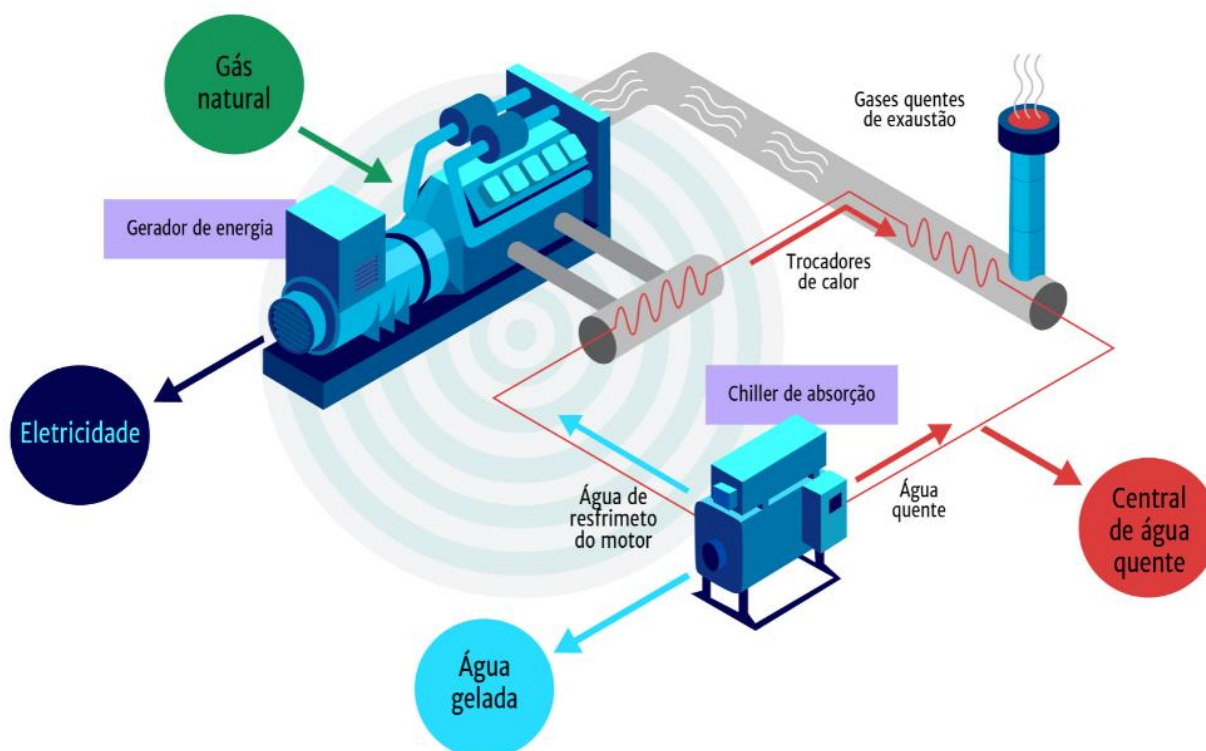
5 SOBRE A UNIDADE

A cogeração de energia consiste em um processo no qual uma única fonte de energia é utilizada para gerar eletricidade e calor útil simultaneamente, em que isso pode ser alcançado através da utilização eficiente do calor residual, que normalmente seria desperdiçado em sistemas de geração de eletricidade convencionais.

Em tal cogeração, o combustível primário, gás natural, é queimado para gerar eletricidade através de um gerador. O calor residual produzido durante esse processo é capturado e utilizado para aquecer a água e produzir vapor, para que possa então ser utilizado nas várias aplicações do cliente.

Na unidade de Jundiaí, além de ser uma cogeração de energia, conforme a Figura 23, são ainda utilizados os gases quentes de exaustão em uma unidade de purificação e de produção de gás carbônico nas especificações ideais para atender o cliente final, uma indústria de refrigerantes.

Figura 23 - Cogeração de energia



Fonte: Megawhat, 2024.

Uma vez que os geradores são responsáveis pelo fornecimento de todo o gás carbônico utilizado na produção de quase todos os produtos desta indústria, que consistem em equipamentos críticos para a operação, e que dessa forma, necessitam pela sua importância de cuidados especiais.

6 DISCUSSÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Inicialmente, de forma a entender completamente a situação atual da gestão dos geradores e os desafios encontrados no fluxo da mesma, aplicou-se a metodologia DMAIC, a qual é composta por uma pré etapa (Voz do Cliente) e cinco etapas (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar).

6.1 Voz do Cliente

Primeiramente, foi necessário entender quais eram as reclamações perante a atual gestão dos geradores, com base em *feedbacks* de todos os níveis da unidade, desde o operador até o gerente da fábrica. Com base nessas informações, elaborou-se a Figura 24, que representa tal prospecção.

Figura 24 - Voz do Cliente



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Como é possível identificar, coletou-se diversos casos em que há um questionamento sobre a situação atual dos equipamentos, como detalhes de funcionamento, paradas e manutenções desses equipamentos; em que além da noção da situação dos mesmos, há reclamações referente ao atraso das manutenções preventivas, custo das manutenções corretivas e do tempo de espera das peças para realização das mesmas.

6.2 Definir o Problema

Considerando os *feedbacks* da fase anterior, nessa etapa o foco principal é estabelecer clareza sobre o problema a ser resolvido e definir os objetivos do projeto de forma precisa e mensurável, para que se possa definir objetivos específicos, mensuráveis, alcançáveis, relevantes e com prazo determinado (*SMART*) para o projeto.

Assim, utilizou-se a ferramenta *5W2H*, que é uma ferramenta de gestão frequentemente utilizada para planejar e executar atividades de forma eficiente e organizada. Para utilizá-lo, é necessário responder sete perguntas para criar um plano de ação detalhado e bem estruturado que oriente a execução eficaz de uma atividade ou projeto.

Definindo o problema com a metodologia:

- WHO? - O time de manutenção da unidade de Jundiaí;
- WHAT? - A demanda muito elevada do site fez com que as manutenções preventivas dos geradores atrasassem e fossem feita de forma verbal e por emergência, levando a um número maior de corretivas, pois não havia um planejamento do que deveria ser feito mês a mês;
- WHEN? - Desde antes de 2023, quando cheguei a filial, notei esse fluxo e dificuldade em todo o processo;
- WHY? - Ocorre por não termos um processo definido, então o site atuava de acordo com a prioridade do momento, apenas resolvendo os problemas que tinham um impacto mais significativo no processo. Além disso, trocou-se a equipe terceira responsável pela manutenção dos geradores, então o fluxo ainda não estava muito claro;

- WHERE? - Ocorre na filial de Jundiaí, em que a unidade produtiva consiste em uma cogeração de energia;
- HOW? - Ocorre ao não se conseguir realizar as manutenções preventivas nas datas recomendadas por não ter sido planejadas a realização das mesmas;
- HOW MUCH? - Em Jundiaí, nos anos anteriores, com base em relatos, quase todas as preventivas eram realizadas com um ou mais meses de atraso. Ao longo do ano de 2023, teve-se apenas uma preventiva atrasada, pelo fato de o gerador não poder ser parado para a realização da mesma. Além disso, em 2022 não havia um histórico de informações a respeito dos geradores, o qual foi implementado em 2023.

Dessa forma, pode-se notar a importância de uma abordagem proativa e planejada para a manutenção preventiva, visando evitar problemas futuros e garantir a operação eficiente dos equipamentos. Além disso, a implementação de um sistema claro de planejamento e acompanhamento das manutenções pode ajudar a minimizar a necessidade de manutenções corretivas e melhorar a confiabilidade do sistema de cogeração de energia em Jundiaí.

6.3 Medir e identificar os desperdícios

Já nesta etapa, permitiu-se uma análise mais aprofundada para as próximas etapas, para identificar as causas raízes dos problemas e definir as estratégias de melhorias eficazes, através da coleta dos dados relevantes e o estabelecimento de medidas para quantificar o desempenho atual do processo em questão; sendo fundamental, para entender o *status quo*, como identificar as áreas de melhoria.

Para isso, utilizou-se a ferramenta *Downtime*, que consiste na análise da inatividade, que pode resultar em perdas significativas de produtividade, custos adicionais e impactos negativos nos negócios, como na eficiência operacional das organizações. Como resultado, obteve-se a Tabela 1, com a análise para esse fluxo.

Tabela 1 - Análise de *Downtime*

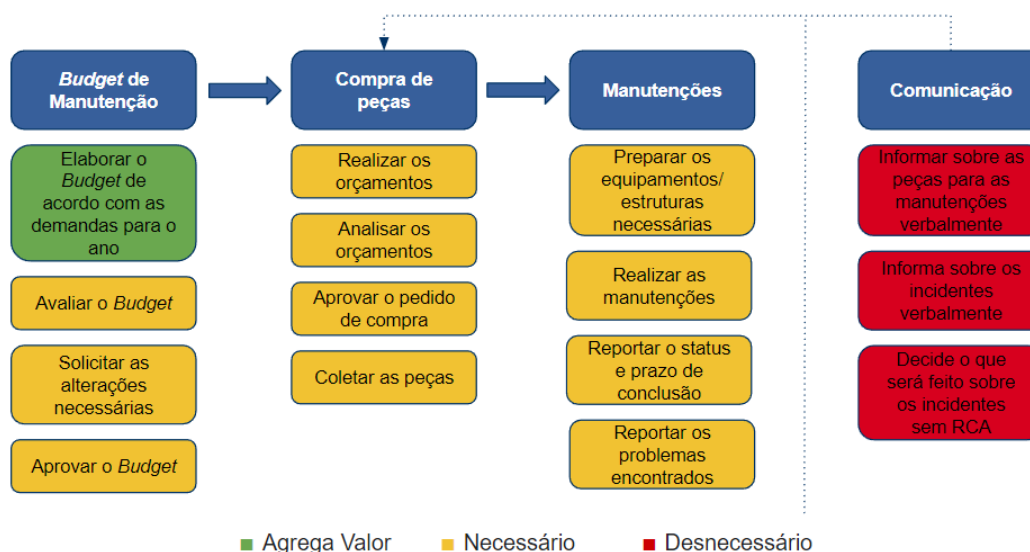
Análise para redução do <i>Downtime</i> dos Geradores de Jundiaí				
	Controle da infraestrutura (Defeito)	Controle de estoque (Estoque)	Falhas na logística e infraestrutura (Espera)	Investimento em soluções tecnológicas (Talentos não utilizados)
Situação	Sala dos geradores com um sistema de ventilação deficiente, degradando os equipamentos antecipadamente	O controle das peças de estoque é feito visualmente pelos técnicos da empresa terceira	As peças necessárias para a realização das manutenções preventivas dos geradores demoram muito para chegarem, atrasando as manutenções dos mesmos	Atualmente os geradores são monitorados através de dois <i>softwares</i> , <i>PI Vision</i> e <i>Predict</i> . Porém, essas informações não são devidamente utilizadas para prevenir problemas.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Através dessa análise, pode-se medir alguns problemas, não apenas sistêmicos, como um problema de ventilação na sala, que pode prejudicar o funcionamento dos equipamentos. Daí, é possível avaliar as causas raízes dos pontos identificados, de forma a se propor as devidas soluções.

Além disso, pode-se avaliar o fluxo de gestão dos geradores atual através do *Handover Chart*, mostrado na Figura 25, que permite o entendimento das etapas que agregam valor, as necessárias e as desnecessárias do processo.

Figura 25 - *Handover Chart* do fluxo atual



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

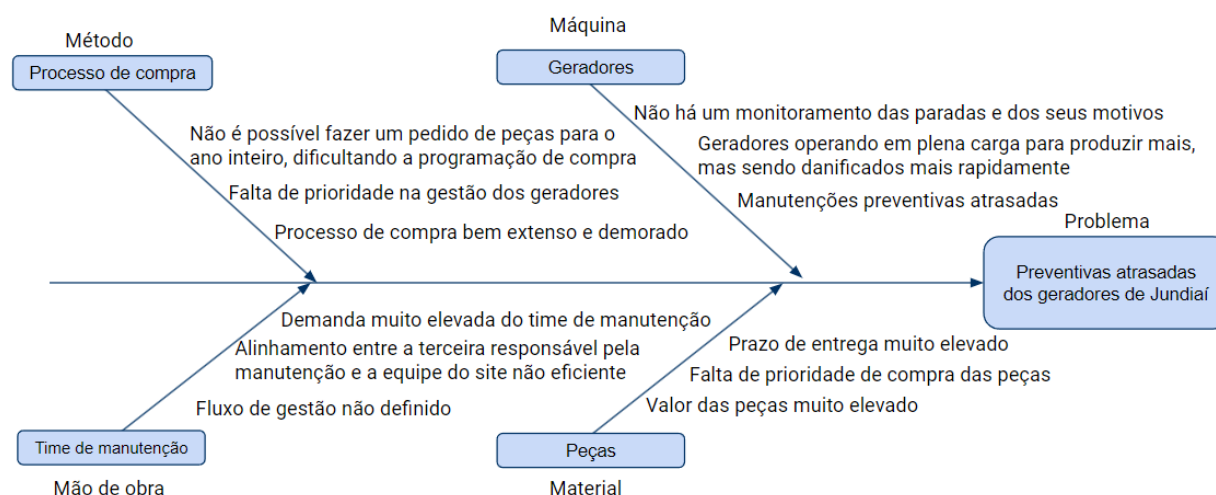
Como pode ser observado na Figura 25, existem três etapas na parte de comunicação que são desnecessárias, principalmente por ser realizadas de forma verbal, não permitindo um registro dos acontecidos, ou sem uma avaliação mais detalhada sobre o que poderia ser realizado, para garantir uma segurança maior da decisão a ser tomada.

6.4 Analisar as causas raízes dos desperdícios

Posteriormente, conforme os problemas foram identificados, essa etapa tem por objetivo entender as causas raízes encontradas na etapa "Definir" e confirmados na etapa "Medir". Assim, envolve uma análise mais profunda dos dados coletados junto da aplicação de ferramentas de manufatura enxuta e da análise para identificar padrões, tendências e relações entre as variáveis do processo.

Desse modo, inicia-se a análise por meio do Diagrama de *Ishikawa*, que visa identificar e visualizar as causas potenciais que podem contribuir para um determinado problema, conforme destacado na Figura 26.

Figura 26 - Diagrama de *Ishikawa* do caso



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Baseado na Figura 26, pode-se avaliar diversas causas potenciais para o problema real, que seria as preventivas atrasadas dos geradores de Jundiá. Dentre essas causas, pode-se abordar causas com base no método, na máquina, na mão de obra e no material. Dessa forma, o fato de o processo de compra das peças dos

geradores ser complexo, junto da demanda muito elevada do time responsável pela manutenção e da falta de monitoramento das paradas dos equipamentos e dos seus motivos, podem ser os principais motivos de tal problema.

Além disso, utilizou-se a ferramenta "Cinco Porquês", cuja abordagem consiste na identificação das causas raízes subjacentes a um problema específico, ou seja, investiga-se além dos sintomas óbvios de um problema, mergulhando profundamente, para entender as verdadeiras causas subjacentes, conforme mostrado na Figura 27.

Figura 27 - Cinco Porquês do caso

"As nossas manutenções preventivas dos geradores estão sempre atrasadas."

Por quê? Porque as peças não chegam a tempo de realização da mesma.

Por quê? Porque o prazo de entrega é elevado e isso não é considerado na hora da compra.

Por quê? Porque o pedido de compra é realizado próximo a data da manutenção.

Por quê? Porque não é dada uma prioridade no assunto de manutenção dos geradores e o processo de compra é demorado.

Por quê? Porque a demanda do time de manutenção é elevada e multidisciplinar, dificultando a priorização dos assuntos;

Causa Raiz: não há um fluxo bem definido de gestão dos geradores, sendo realizado de forma verbal e por emergência, sem planejamento do que será feito ao longo do ano.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Da ferramenta Cinco Porquês, pode-se entender que através das cinco perguntas, conseguiu-se identificar que a causa raiz das manutenções preventivas dos geradores estarem sempre atrasadas; que é a falta de um fluxo bem definido de gestão dos geradores, já que é realizada de forma verbal e por emergência, o que leva a uma falta de planejamento das medidas a serem tomadas mês a mês.

6.5 Priorizar e implementar soluções

Tendo em vista, que foram definidas e analisadas as causas raízes nas etapas anteriores, esta etapa é fundamental para criar e validar intervenções eficazes, que visam melhorar o processo ou resolver o problema em questão, de forma a se preparar para a etapa final do roteiro *DMAIC*.

Nesse caso, utilizou-se da *Matriz PICK* que é uma ferramenta de tomada de decisão projetada para auxiliar equipes e líderes na seleção e implementação de

ideias, projetos ou estratégias. Dessa forma, na Tabela 2, como na Figura 28, consegue-se a avaliação da matriz, para o problema em questão.

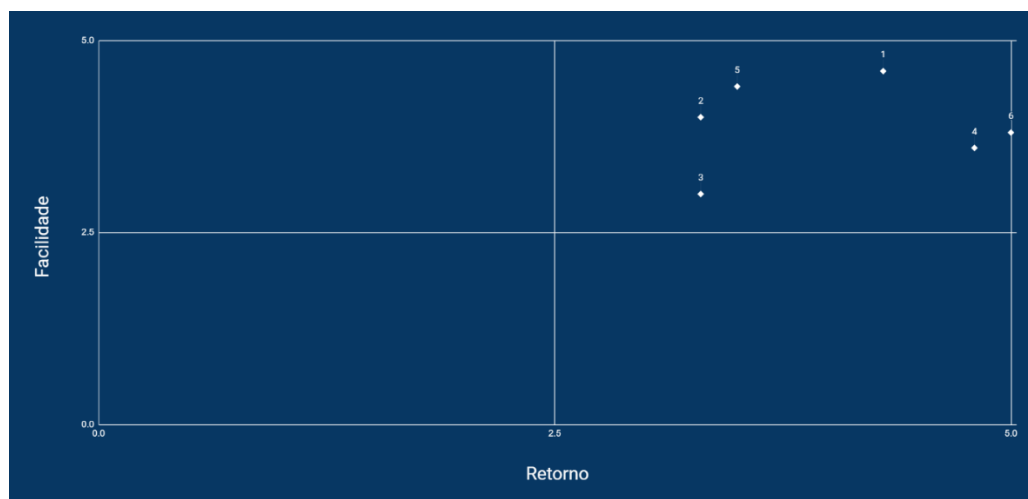
Critérios: 1 - Correlação muito baixa; 5 - Correlação muito alta.

Tabela 2 - *Matriz PICK* do caso

Avaliação dos Critérios								
N	Oportunidade de Melhoria	Responsável	Tamanho do investimento necessário para melhoria	Clareza da Solução	Esforço necessário para melhoria	Retorno ESG	Retorno Financeiro	Impacto no cliente
1	Criação de uma planilha de monitoramento dos geradores	Estagiário	1	5	3	4	4	5
2	Criação de um <i>Power BI</i> das informações dos geradores	Estagiário	1	4	4	3	3	4
3	Utilizar o <i>predict</i> para avaliar os problemas nos geradores	Site	1	2	5	3	3	4
4	Criação de uma planilha para monitoramento da compra das peças para as manutenções preventivas	Estagiário	1	3	4	4	5	5
5	Criação de uma reunião mensal de geradores	Estagiário	1	5	4	5	2	5
6	Estabelecimento de um fluxo de gestão dos geradores	Estagiário	1	4	5	5	5	5

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Figura 28 - *Matriz PICK* do caso



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Augusto Rosa de Souza

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Cursos: Eng^a Agrônômica, Ciências Biológicas, Eng. Civil, Eng. Elétrica, Eng. Mecânica, Física, Matemática e Zootecnia.
Avenida Brasil Centro, 56 - CEP 15385-000 Ilha Solteira São Paulo Brasil
pabx (18) 3743 1000 fax (18) 3742 2735 scom@adm.feis.unesp.br www.feis.unesp.br

As ações propostas são:

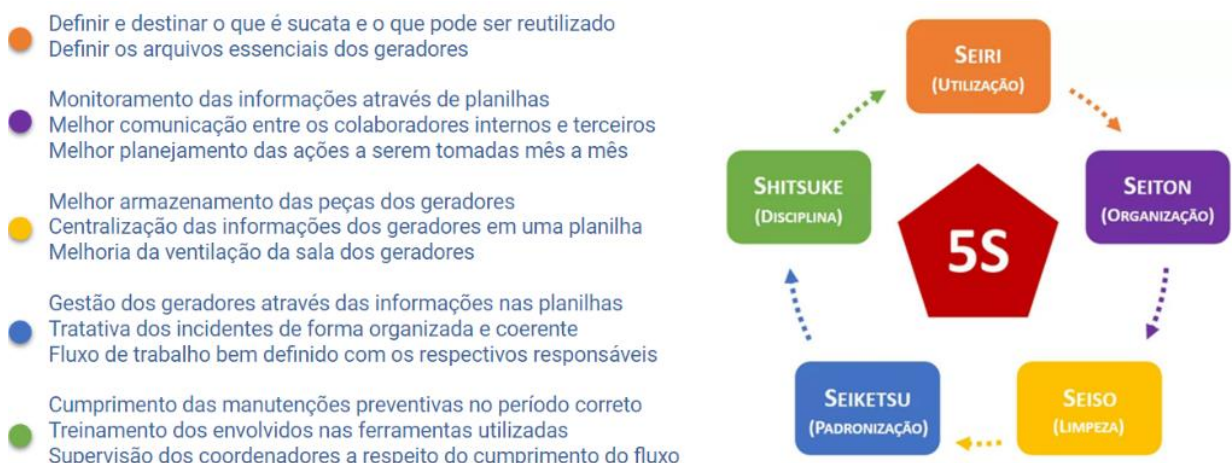
1. Criação de uma planilha de monitoramento dos geradores;
2. Criação de um *Power BI* das informações dos geradores;
3. Utilizar o *Predict* avaliar os problemas nos geradores;
4. Criação de uma planilha para monitoramento da compra das peças para as manutenções preventivas;
5. Criação de uma reunião mensal de geradores;
6. Estabelecimento de um fluxo de gestão dos geradores.

Sendo o "*Predict*" um *software* de previsão de problemas no gerador com base na comparação entre os parâmetros padrões de operação e os parâmetros atuais do mesmo, sinalizando quando há um desvio deles.

De acordo com a Figura 28, pode-se avaliar que todas as seis ações propostas estão com uma facilidade alta e um retorno alto, ou seja, todas seriam ideais para ser implementadas, já que não necessitam de um investimento alto e apresentaram um resultado muito positivo, em razão aos problemas encontrados.

Ainda, de maneira a ampliar o objetivo desta etapa, aplica-se uma outra ferramenta que consiste no 5S, que visa promover a organização, a limpeza, a padronização e a disciplina nos locais de trabalho, como mostra a Figura 29.

Figura 29 - 5S do caso



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Conforme retratado na Figura 29, avaliou-se alguns pontos que podem ser melhorados; como: a comunicação entre os colaboradores internos e terceiros, o

melhor planejamento das ações a serem tomadas ao longo do ano, a redução de manutenções corretivas realizadas, a definição de um fluxo bem definido de trabalho e uma maior disponibilidade dos geradores ao lado de um menor custo de manutenção.

6.6 Controlar e manter

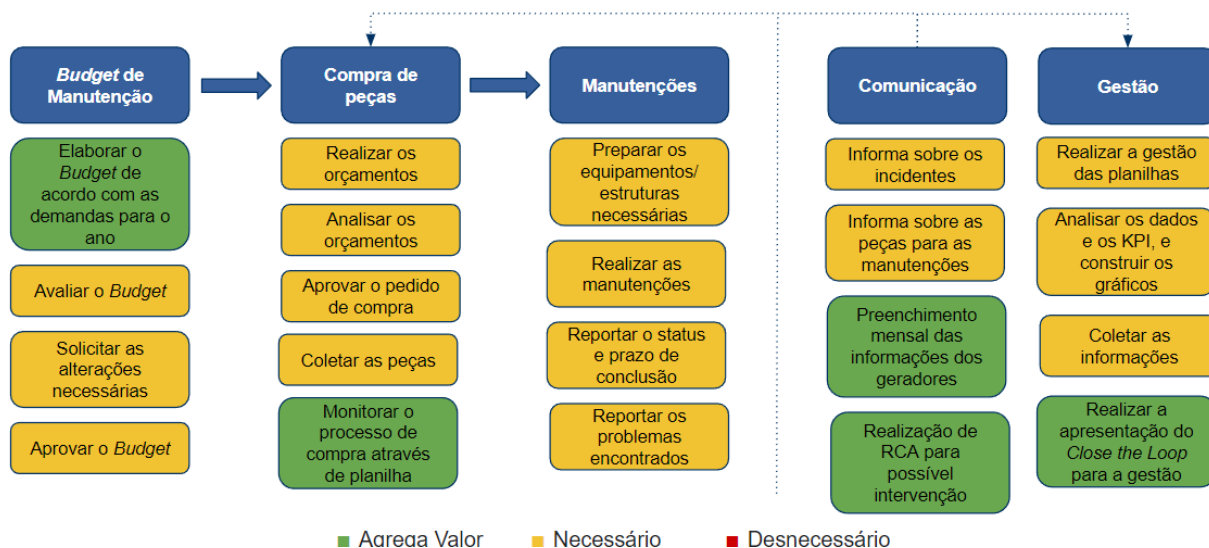
Por fim, esta última etapa visa estabelecer sistemas de controle e monitoramento que ajudem a manter os ganhos obtidos e prevenir a recorrência dos problemas identificados, através da implementação de sistemas de monitoramento, de padronização de um fluxo bem definido e de um olhar crítico de melhoria contínua do processo.

Dessa forma, é ideal uma padronização na gestão dos geradores:

- Informações de operação, incidentes e *KPI's* de desempenho monitoradas mensalmente na planilha;
- Previsão das manutenções preventivas e tempo de operação monitorados no *Power BI*;
- Alinhamento entre a empresa de manutenção terceira e o site através da planilha de monitoramento;
- Reunião mensal de discussão de resultados e planos de ações.

De forma a alterar o fluxo antigo que não estava sendo efetivo; na Figura 30, há um *Handover Chart* do fluxo novo a ser implementado, retirando as ações que eram desnecessárias e adicionando novas, necessárias ou que agreguem valor ao processo.

Figura 30 - Handover Chart do fluxo novo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Conforme observado antes e da Figura 30, introduziu-se mais uma etapa de gestão, de forma a mapear e gerenciar todos os problemas e as informações de operação dos geradores ao longo dos meses, assim como uma reunião para alinhamento com o corporativo sobre a situação dos equipamentos. Além disso, as etapas de comunicação que não eram necessárias foram alteradas para ser implementadas em conjunto com a gestão, ao lado de novas etapas que agregam valor ao novo fluxo. Uma ressalva referente a uma nova etapa, que é a realização de RCA (*Root Cause Analysis*) para possível intervenção, é que essa etapa consiste em um dos propósitos da MCC alinhado com uma ferramenta de manufatura enxuta, para que se possa entender as falhas encontradas, encontrar as suas causas raízes, sanar as mesmas e aumentar a disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos.

Além disso, ampliando a visão sobre esta etapa, utiliza-se de uma última ferramenta que consiste na *Matriz R.A.C.I.*, que possibilita, através da Tabela 3, uma visão das atividades a ser realizadas mensalmente pelos colaboradores e os respectivos responsáveis e interessados por cada etapa das mesmas. Sendo assim, segue o que representa cada uma das letras da tabela:

- R: Responsável pela execução das atividades;
- A: Responsável pela aprovação das atividades realizadas;
- C: Consultor ou especialista para dar sugestões;
- I: Informado, interessado.

Tabela 3 - *Matriz R.A.C.I.*

Atividades	Estagiário	Mecânico Terceiro	Técnico de Manutenção	Coordenador de Manutenção	Gerente
Elaborar o <i>Budget</i> de acordo com as demandas para o ano	I			R	A
Avaliação do <i>Budget</i> de manutenção	I			C	R
Solicitação de alterações necessárias no <i>Budget</i>	I			R	A
Aprovação do <i>Budget</i> de manutenção	I			C	R
Realização dos orçamentos das peças	I	C	R	A	
Análise dos orçamentos das peças	I		C	R	
Aprovação do pedido de compra	I		C	R	
Coleta das peças para a manutenção	I	I	R	I	
Monitoramento do processo de compra através de planilha	R			C	A
Preparar os equipamentos/estruturas necessárias	I	C	R	A	
Realização das manutenções	I	R	C	A	
Reportar o <i>status</i> e prazo de conclusão	I	R		A	I
Reportar os problemas encontrados	I	R	I	A	I
Informar sobre os incidentes	A	R	I	I	
Informe sobre as peças para as manutenções	I	R	C	A	
Preenchimento mensal das informações dos geradores	A	R			
Realizar <i>RCA</i> de eventos para possível intervenção	R	C	I	A	I
Gestão das planilhas e do <i>Power BI</i>	R			C	A
Análise dos dados e dos <i>KPI</i> e elaboração dos gráficos	R			C	A
Coleta de informações para a apresentação	R	C		I	A
Apresentação do <i>Close the Loop</i> para a gestão	R			C	A

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Na Tabela 3, portanto, pode-se observar que nas mudanças propostas do novo fluxo de gestão dos geradores, haverá uma quantidade maior de atividades a ser realizadas, mas junto de uma maior divisão das responsabilidades. Pode-se ainda

observar uma grande quantidade de atividades com o estagiário, como responsável ou interessado, já que este é o responsável pelo monitoramento de todas as variáveis através de planilhas e do *Power BI*, até que o novo fluxo esteja se torne efetivo e possa ser redistribuído tais responsabilidades aos outros colaboradores do site.

Sendo assim, o resultado do presente trabalho, fundamentado na manufatura enxuta e manutenção centrada na confiabilidade, mostra-se satisfatório e indica de forma eficaz a aplicabilidade dessas novas ferramentas e estratégias de gestão da manutenção da empresa, baseadas na disponibilidade e na confiabilidade, como na segurança das operações e dos equipamentos; estabelecendo um fluxo de gestão bem definido.

Todavia, esses resultados não são definitivos e dependem de muitas variáveis que podem atrapalhar medições, como por exemplo, o fim da vida útil de equipamentos antes dos tempos planejados.

Por outro lado, o impacto dos resultados obtidos, certamente, poderá ser avaliado através do *feedback* dos colaboradores referente aos impactos positivos e negativos, após a aplicação de tais mudanças ao longo do tempo. Vale ressaltar que consiste em um trabalho de melhoria contínua, ou seja, foram identificadas a necessidade de possíveis mudanças no processo de gestão, que poderão ser eventualmente reavaliadas.

7 CONCLUSÃO

O presente trabalho foi realizado em uma empresa de gases, que possui uma unidade em Jundiaí, a qual fornece gás carbônico e outras utilidades, para uma indústria de refrigerantes, através geradores movidos a gás natural. Este buscou compreender e analisar o atual fluxo de gestão dos geradores, de modo a estabelecer padrões para elaboração de um novo modelo de gerenciamento para os mesmos, através da ferramenta *DMAIC*.

Assim, o trabalho surgiu da observação de um cenário em que os geradores, do ponto de vista dos vários níveis de gestão da empresa, invariavelmente se mostravam indisponíveis e/ou não se sabia exatamente a natureza de suas paradas. Fato, que evidenciou ser necessário melhor entendimento do fluxo de gestão dos geradores, de maneira a identificar os problemas encontrados, e assim propor melhorias.

De início baseado em um estudo compreensivo envolvendo a história, os princípios fundamentais e as principais ferramentas que compõem a filosofia da manufatura enxuta, fez-se uma coleta satisfatória dos dados necessários para a determinação dos padrões de gerenciamento desses geradores.

Isto, permitiu a realização do roteiro *DMAIC*, que proporcionou através de suas etapas, determinar os problemas reais da gestão dos geradores, que evidenciou, sobretudo, a falta de uma abordagem proativa e planejada para a manutenção preventiva. Daí, foi possível medir este problema e identificar outros gerados a partir deste, como por exemplo, o problema de ventilação na sala dos geradores.

Na sequência, analisou-se fatos encontrados nas outras etapas, de forma a entender as causas raízes destes problemas e propor soluções para tais, como a falta de um fluxo bem definido de gestão desses geradores, já que se observou que a gestão se realizava de forma verbal e por emergência. Dessa forma, é possível priorizar e implementar soluções, como a criação de planilhas de monitoramento de diversas informações dos geradores, que implica em um investimento muito baixo e com um retorno extremamente positivo.

Por fim, buscando controlar e manter a ideia proposta, implementou-se sistemas de monitoramento, de padronização de um fluxo bem definido, assim como um olhar crítico de melhoria contínua do processo de gestão, através da concepção

de uma matriz com todas as ações a serem realizadas mês a mês, como e os seus envolvidos e responsáveis, estabelecendo um fluxo bem definido.

Os resultados do presente trabalho, fundamentado na manufatura enxuta e manutenção centrada na confiabilidade, mostram-se satisfatórios e indicam de forma eficaz a aplicabilidade dessas novas ferramentas e estratégias de gestão da manutenção da empresa, baseadas na disponibilidade e na confiabilidade, como na segurança das operações e dos equipamentos; estabelecendo um fluxo de gestão bem definido.

7.1 Sugestões para futuros trabalhos

São sugestões para futuros trabalhos:

- Para conseguir melhorar algo, precisa entender a situação atual e os problemas enfrentados;
- A melhoria contínua não afeta só o âmbito financeiro, mas também o social;
- Quando se tem o histórico dos eventos, fica mais fácil de evitar a reincidência dos mesmos;
- Quando se planeja antecipadamente, é mais fácil de identificar os problemas e resolvê-los antes que seja tarde.

REFERÊNCIAS

- ABECOM. **Downtime: o que é? Quais as consequências? Como evitar?** 2023. Disponível em: <https://www.abecom.com.br/downtime/>. Acesso em: 10/02/2024.
- CHIAVENATO, I. 2000, **Introdução à Teoria Geral da Administração**, Campus Editora.
- COLIN, Emerson; QUININO, Roberto; SHIMIZU, Tamio; **Manufatura Ágil: um novo conceito na produção industrial**, Escola Politécnica da USP – Departamento de Engenharia de Produção, São Paulo, Brasil.
- CONSULTORIA, E. **Faça Kaizen quando as coisas vão bem**. 2019. Disponível em: <https://www.ecoprodconsultoria.com.br/blog/faca-kaizen-quando-as-coisas-vao-bem.html>. Acesso em 10/02/2024.
- DANA. **5S's: O Poder dos Cinco Sentidos**. 2019. Disponível em: <https://dana.com.br/dana-informa/5ss-o-poder-dos-cinco-sensos/>. Acessado em 10/02/2024.
- DENNIS, P. **Fazendo Acontecer a Coisa Certa**. Instituto Lean Brasil, 2007.
- EDIVALDO. **CONHEÇA OS 5 PS DA ESTRATÉGIA ORGANIZACIONAL**. Disponível em: <https://topservicetur.com.br/conheca-os-5-ps-da-estrategia-organizacional/>. Acesso em 12/02/2024.
- ENG SIM. **Lean Manufacturing**. 2018. Disponível em: <http://engsimengenharia.blogspot.com/2018/06/os-7-desperdicios.html>. Acesso em 10/02/2024.
- ESCOLA, Fundação. **Fordismo – O que é, Origem e Queda**. 2018. Disponível em: <https://escolaeducacao.com.br/fordismo/>. Acesso em 10/02/2024.
- FINANCEIRO, D. **Just in time: entenda todo o conceito deste sistema de produção**. Disponível em: <https://www.dicionariofinanceiro.com/just-in-time/>. Acessado em 09/02/2024.
- GHINATO, P. **Jidoka: Mais do que "Pilar da Qualidade"**. Lean Way Consulting, 2003.
- GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção, Mais do que Simplesmente Just in Time**. Revista Produção, Vol. 5 Nº 2, pp. 169-190, 1995.

GOMES, M. S. **Análise de Causa Raiz: O que é e como usar para resolver problemas?** 2021. Disponível em: <<https://www.laboneconsultoria.com.br/o-que-e-analise-de-causa-raiz/>>. Acesso em 15/02/2024.

ICASAS, P. **What is a PICK Chart? (Free Template Inside)**. 2024. Disponível em: <<https://birdviewpsa.com/blog/project-management-101-pick-chart/>>. Acesso em: 18/02/2024.

INSIDER. **Vire expert na metodologia PDCA e melhore seus resultados**. 2020. Disponível em: <<https://www.insiderstore.com.br/blog/conheca-o-ciclo-pdca-uma-metodologia-que-proporciona-melhora-continua-de-processos-por-meio-de-planejamento-e-medicao-de-resultados/>>. Acesso em 13/02/2024.

JONES, D., WOMAK, J. 1998, **A Máquina que mudou o mundo**. Editora Campus.

JONES, D., WOMAK, J. 1998, **A Mentalidade Enxuta nas Empresas**. Editora Campus.

LABONE. **Kanban: o que é e como funciona?** Disponível em: <<https://www.laboneconsultoria.com.br/kanban/>>. Acesso em: 5 abr. 2024. Acesso em 11/02/2024.

MARTINS, Túlio. **Quais são os desperdícios (3M's)?** 2019. Disponível em: <https://tuliomartins.com.br/quais-sao-os-desperdicios-3ms/>. Acessado em 10/02/2024.

MEGAWHAT. **Cogeração**. Disponível em: <<https://megawhat.energy/verbetes/276/cogeracao>>. Acesso em: 10/02/2024.

NAPOLEÃO, B. M. **5 Porquês**. 2019. Disponível em: <<https://ferramentasdaqualidade.org/5-porques/>>. Acesso em: 19/02/2024.

OHNO, Taiichi, 1997, **O Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala**, Editora Bookman.

PONTOTEL. **Metodologia DMAIC: entenda o que é, como aplicar e quais as vantagens de usá-la!** 2023. Disponível em: <<https://www.pontotel.com.br/dmaic/>>. Acesso em: 16/02/2024.

RABELLO, G. **Meta SMART: saiba o que é, sua importância e como aplicar**. 2023. Disponível em: <<https://www.siteware.com.br/blog/metodologias/o-que-e-meta-smart/>>. Acesso em: 14/02/2024.

SANTOS, G. **Diagrama de Ishikawa: O Que é, Para Que e Como Usar em Sua Empresa.** Disponível em: <<https://www.automacaoindustrial.info/diagrama-de-ishikawa/>>. Acesso em: 18/02/2024.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da Engenharia de Produção.** Bookman, 1996.

SHINGO, S. **Sistemas de Produção com Estoque Zero: O Sistema Shingo para melhorias contínuas.** Bookman, 1996.

SPEAR, S.; BOWEN, H.K. **Decodificando o DNA do Sistema Toyota de Produção.** Harvard Business Review, setembro/outubro 1999.

TAYLOR, Frederick Winslow. **Princípios de administração científica.** 8.^a ed. São Paulo: Atlas, 1990.

ZHUKOVA, N. **Matriz RACI ou de responsabilidade: quando e como deve ser aplicada.** 2022. Disponível em: <<https://pt.semrush.com/blog/matriz-raci/>>. Acesso em: 18/02/2024.