

MELHORIAS NA INDÚSTRIA DE MISTURA E ENSAQUE DE FERTILIZANTES ATRAVÉS DE KAIZEN

ALEM¹, Carlos Augusto Saadi; **Galvão**², Rogério; **Santos**³, Mateus Gabriel.

1 – Professor na Universidade do Vale do Sapucaí.

2 – Graduando em Engenharia de Produção na Universidade do Vale do Sapucaí.

3 – Graduando em Engenharia de Produção na Universidade do Vale do Sapucaí.

carlosalem@univas.edu.br; galvaomtis@gmail.com;

mateusgabrielsantos15@gmail.com

RESUMO

O objetivo desse trabalho é desenvolver alternativas para minimizar os efeitos e impactos da corrosão de equipamentos e partes, expostos ao contato com fertilizantes e que geram aumento de manutenção, oscilação de produção, baixa produtividade, desperdícios com aumento das perdas por vazamento ou paradas, gerando gastos financeiros significativos. Foram utilizadas as ferramentas Kaizen (técnica de melhoria contínua), o Ishikawa e 5Porquês (identificando as possíveis causas raízes, através dos pontos principais para serem trabalhados) e o 5W2H (para organizar e implementar o plano das ações, executando e relacionando valores e a viabilidade). Foi feito levantamento do processo produtivo para obter as informações referentes às paradas de máquina, como apontamentos de produção e apontamentos realizados pela manutenção e referentes às manutenções relacionadas à corrosão de equipamento. A aplicação dessas ferramentas e métodos adotados, proporcionou uma melhora significativa na produtividade e manutenção, reduzindo as paradas de máquina e reduzindo as perdas de processo.

Palavras-chave: Melhoria contínua; Kaizen; Ishikawa; 5Porquês; 5W2H.

1 INTRODUÇÃO

O desgaste de peças e equipamentos dentro da indústria é inevitável e isso varia de acordo com o que está sendo utilizado na fabricação desses equipamentos e o que está sendo processado neles, podendo reduzir consideravelmente o tempo de vida útil das peças e partes, aumentando a necessidade de paradas para reparos, e conseqüentemente, a taxa de manutenções corretivas, perdas de produção, de produtividade e eficiência, gerando impactos financeiros.

Uma opção na redução desses desgastes é a utilização de peças e equipamentos fabricados com materiais mais resistentes à corrosão e ao atrito, porém, implicaria em custos altos e equipamentos com valores elevados.

Outra opção seria a de aplicar revestimentos de superfície nos equipamentos convencionais que são fabricados com aço carbono. São equipamentos mais comuns, mais baratos, possuem custos menores de fabricação, porém agregam desgastes acelerados por corrosão e atrito, e conseqüentemente, o aumento considerável de manutenção corretiva, dependendo da sua aplicação.

Esses tratamentos ou revestimentos, são feitos por uma pintura anticorrosiva que funciona como uma camada protetora que impede o contato direto das superfícies metálicas com os agentes corrosivos. Na indústria de fertilizantes, esses desgastes causados pelo fenômeno da corrosão em peças e equipamentos metálicos se dá pelo contato com os fertilizantes, com a umidade e o oxigênio.

Porém, além da pintura (tratamento ou revestimento) que protege do contato com o produto, da umidade e do oxigênio, devem ser utilizados no revestimento, principalmente interno, chapas de material plástico nos locais onde é possível instalar, quando o material ou produto processados for granulado e sólido, pois poderá ocorrer o desgaste e a redução da vida útil dessas peças e equipamentos através da retirada da tinta de forma mecânica, deixando expor novamente as superfícies ao excesso de umidade e do oxigênio, gerando a oxidação do local. Exemplo: grãos de fertilizante sólidos, com velocidade, movimentação e impacto, agredem as paredes dos equipamentos.

Os revestimentos para eliminar a ação do atrito, devem ser de material plástico, podendo ser de PVC (Poli Cloreto de Vinila, que apesar de ser rígido e forte possui características que projetadas lhe oferecem flexibilidade) ou de UHMW (polietileno de

alto peso molecular, atóxico e antiaderente, que possui elevada resistência ao impacto, baixo peso específico e alta resistência à fadiga), que juntamente com a pintura (tratamento ou revestimento), irão proporcionar um grande aumento da vida útil, durabilidade, das peças e equipamentos, resultando na redução considerável das paradas para reparos e manutenções corretivas, que trará ganhos produtivos e financeiros.

Esse trabalho é um estudo de caso com objetivo de descrever os ganhos obtidos no processo produtivo de uma indústria de mistura e ensaque de fertilizantes, através de melhorias realizadas em peças e equipamentos, utilizando as ferramentas de qualidade, como o Kaizen, Ishikawa, 5Porquês e 5W2H.

As análises e melhorias proporcionadas pela utilização dessas ferramentas, em qualquer setor e processo, podem partir de qualquer pessoa que tenha conhecimento delas que, uma vez aplicadas com equipes multifuncionais, conseguirão grandes resultados.

2 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

2.1 CONCEITOS DE KAIZEN

Dentre as várias filosofias japonesa de melhoria contínua, apresentamos o Kaizen como uma oportunidade das organizações, de conseguir melhorar seus processos e obter bons resultados sem grandes investimentos. É possível alcançar eficiência no processo proporcionando ganhos financeiros e aumento de produção. Lobo ressalta que essa filosofia permite “fazer melhorias simples e pequenas, que não custam muito dinheiro, mas que garantem redução de custos, maior qualidade e produtividade” (LOBO, 2010, p.111).

Segundo Duarte (2013) o Kaizen foi desenvolvido por Masaaki Imai, no Japão, e atualmente é conhecido e praticado em todo o mundo. O conceito foi introduzido na América em 1986, a partir do livro escrito por Masaaki Imai, “Kaizen – *The Key to Japan`s Competitive Success*”. Masaaki Imai, conhecido como o pai do Kaizen, estudou Relações Internacionais na Universidade de Tokyo e trabalhou durante vários anos na Toyota.

Kaizen é uma palavra pronunciada por *Ky Zen*, a tradução de *Ky* é mudança e a tradução de *Zen* é bem ou o melhor. A palavra Kaizen, quando aplicada, significa melhoria contínua. É uma filosofia que se baseia na eliminação do desperdício a partir do uso de soluções a baixo custo (DUARTE, 2013).

2.2 DIAGRAMA DE ISHIKAWA

Segundo Campos (2014), o controle de processo é a essência do gerenciamento em todos os níveis hierárquicos da empresa, desde o presidente até os operadores. Sempre que algo ocorre (efeito, fim, resultado) existe um conjunto de causas (meios) que podem ter influenciado. Observando a importância da separação das causas de seus efeitos no gerenciamento e como nós temos a tendência de confundi-los, os japoneses criaram o diagrama de causa e efeito. Esse diagrama, também é chamado de diagrama espinha de peixe ou diagrama de Ishikawa.

O diagrama de Ishikawa é uma técnica de análise de problemas que ajuda a identificar as causas raízes de um problema e fazer uma análise individual de cada elemento como parte primordial para a busca de uma solução.

Carvalho e Alves (2020) dissertam que a construção deve seguir os seguintes passos:

1. Definir o problema ou efeito a ser analisado;
2. Formar um time para realizar a análise. Em geral o time irá descobrir potenciais causas por meio de um *Brainstorming*;
3. Desenhar a caixa de efeito e a linha central;
4. Especificar as categorias, agrupá-las em caixas e conectá-las à linha central;
5. Identificar as possíveis causas e classificá-las dentro das caixas criadas no passo “4”. Se necessário, criar novas categorias;
6. Ranquear as causas para identificar àquelas que causam maior impacto;
Tomar as ações corretivas;

2.3 5 PORQUÊS

O 5 Porquês foi introduzido pela Toyota e tinha o objetivo de encontrar a causa raiz dos problemas presentes na fábrica. É uma técnica muito simples, pode ser utilizada em qualquer tipo de situação e se baseia em perguntar sucessivas vezes o porquê de algo estar acontecendo (CARVALHO; ALVES, 2020).

O 5 Porquês possibilita chegar à causa-raiz do problema, sendo geralmente utilizada em ambientes industriais e empresariais ligados à gestão da qualidade e melhoria contínua (SOUZA et al., 2022).

Possui a vantagem de não precisar de consultorias ou análises estatísticas, porém é importante que se reúnam as pessoas que estão envolvidas naquele processo que está sendo analisado, para se obter, através das experiências de cada um, o enriquecimento das análises.

Alguns porquês poderão ter mais de uma resposta, por isso, é importante a participação ativa da equipe multidisciplinar para ajudar na seleção da mais correta.

2.4 5W2H

Carvalho e Alves (2020), definem a ferramenta como uma forma de estruturar o pensamento de uma maneira organizada e palpável, pré-implementação.

São utilizadas 7 expressões em inglês, que na tradução são: *What*, que significa; o que? *Who*, que significa; quem? *When*, que significa; quando? *Where*, que significa; onde? *Why*, que significa; por quê? *How*, que significa como? E *How Much*, que significa; quanto custa?

Para realizar uma análise completa, sobre todos os aspectos, todas as perguntas deverão ser respondidas.

Para Moura e Rodrigues (2019), “o 5W2H é um *check list*, onde constam respostas para as atividades planejadas pela organização, com prazos definidos e determinação de funções que irão executar o processo”.

É criado um plano de ação através da montagem de uma tabela que irá cumprir processos estabelecidos pelo controle de qualidade.

3.0 PRODUÇÃO E CONSUMO DE FERTILIZANTES

Fertilizante é definido na legislação brasileira como “substância mineral ou orgânica, natural ou sintética, fornecedora de um ou mais nutrientes de plantas” (BRASIL, 2004). Nutrientes essenciais são aqueles imprescindíveis para que uma determinada planta complete seu ciclo de vida, dentre os quais se destacam: macro nutrientes primários: nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), que misturados compõem as fórmulas NPK; macro nutrientes secundários como cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S); micronutriente boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), zinco (Zn), cobalto (Co) e silício (Si), dentre outros.

A cadeia de fertilizantes é complexa, pois interage com o setor de produção de alimentos, de energia, com as indústrias química, de mineração, de óleo e gás, com o comércio exterior e outros.

A produção de fertilizantes no Brasil é um setor de extrema importância para a agricultura do país, que é um dos maiores produtores e exportadores de commodities agrícolas do mundo.

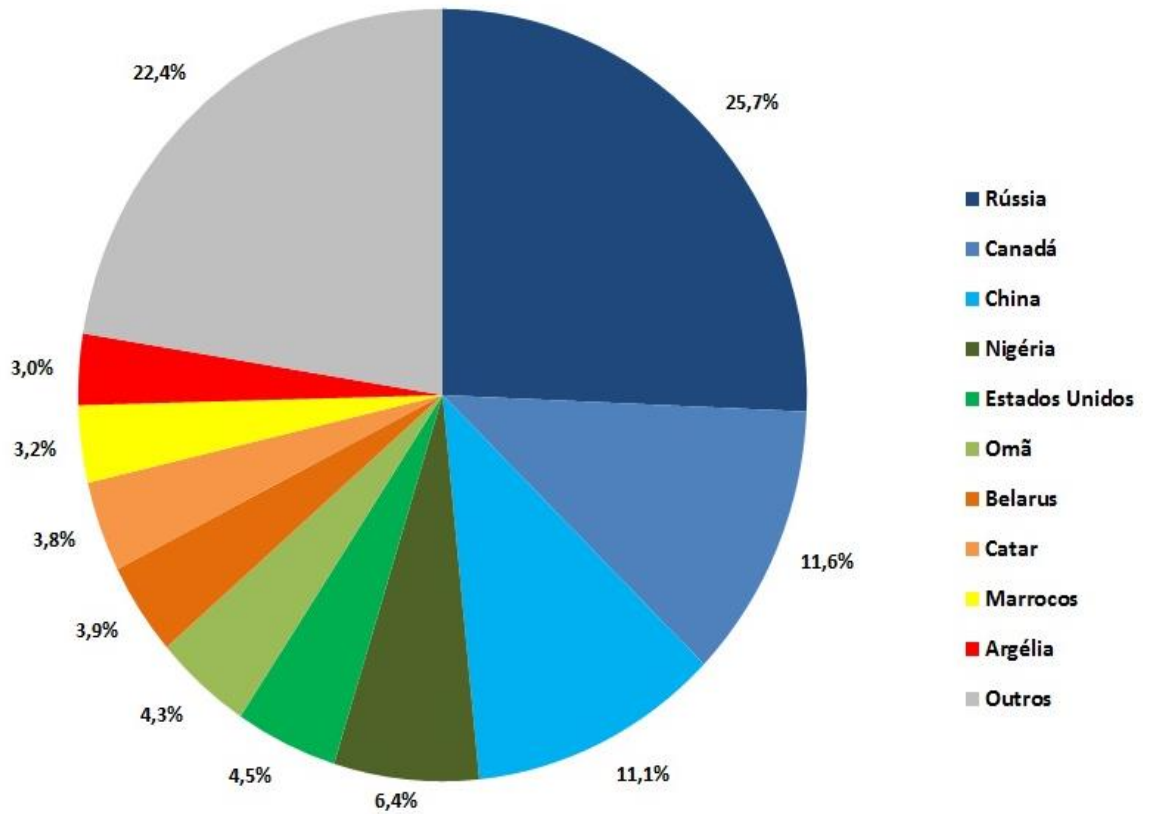
O Brasil possui uma indústria de fertilizantes bastante desenvolvida, com diversas empresas nacionais e estrangeiras atuando no mercado. Os principais fertilizantes produzidos no país são nitrogenados, fosfatados e potássicos, que são essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

A produção de fertilizantes no Brasil está concentrada principalmente nas regiões Sul e Sudeste, onde se encontram as principais matérias-primas utilizadas na fabricação, como o minério de fosfato e o gás natural. No entanto, também há unidades produtivas em outras regiões do país.

Além disso, o Brasil também é um grande importador de fertilizantes, uma vez que a demanda interna é maior do que a capacidade de produção nacional. Isso se deve, em parte, à falta de algumas matérias-primas no país.

O gráfico 1 demonstra a participação dos países na exportação de fertilizantes para o Brasil no 1º trimestre de 2022.

Gráfico 1 - Participação dos países na exportação de fertilizantes para o Brasil no 1º trimestre de 2022.

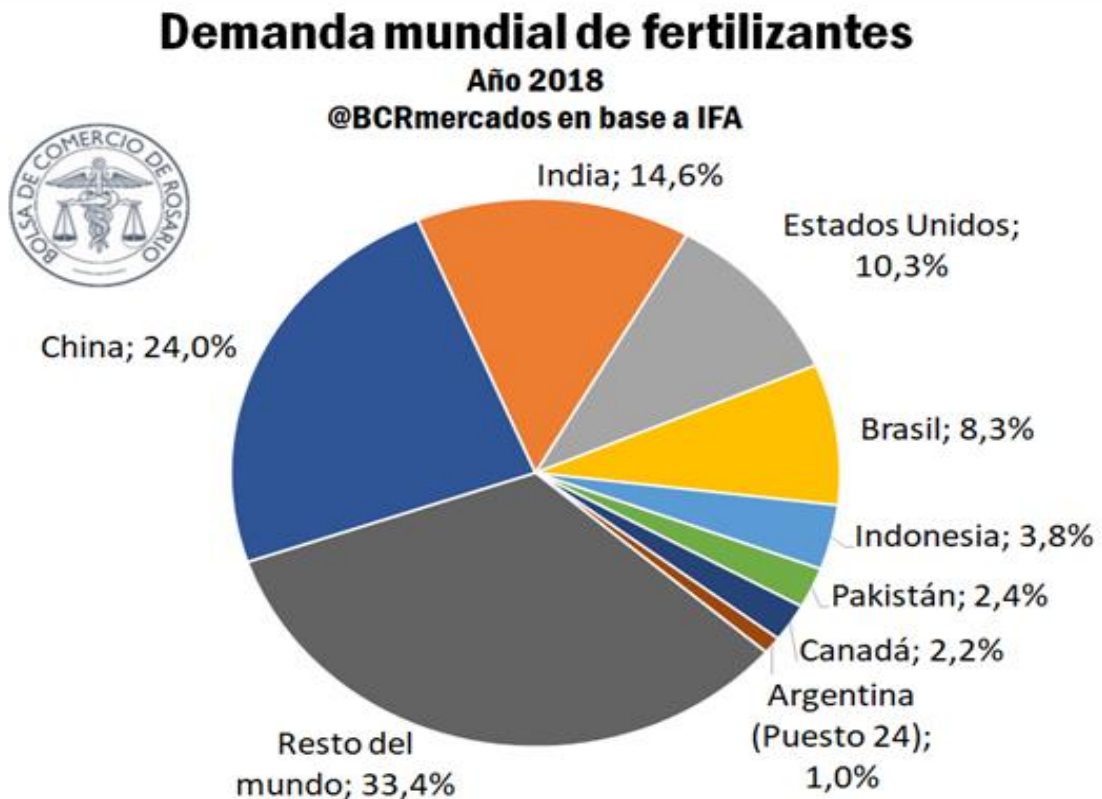


Fonte: Farmnews (2022).

O Brasil é o quarto maior consumidor de fertilizantes do mundo, mas suas importações de NPK (percentual em relação ao consumo total) aumentaram de 32% em 1988 para cerca de 70% em 2015, e para mais de 80% em 2020, com valor que supera 9 bilhões de dólares. (FARIAS et al., 2021).

Como podemos ver no gráfico 2, os primeiros 5 maiores países consumidores respondem por mais de 60% da demanda mundial de fertilizantes: China, Índia, EUA, Brasil e Indonésia.

Gráfico 2: Principais consumidores de fertilizantes.



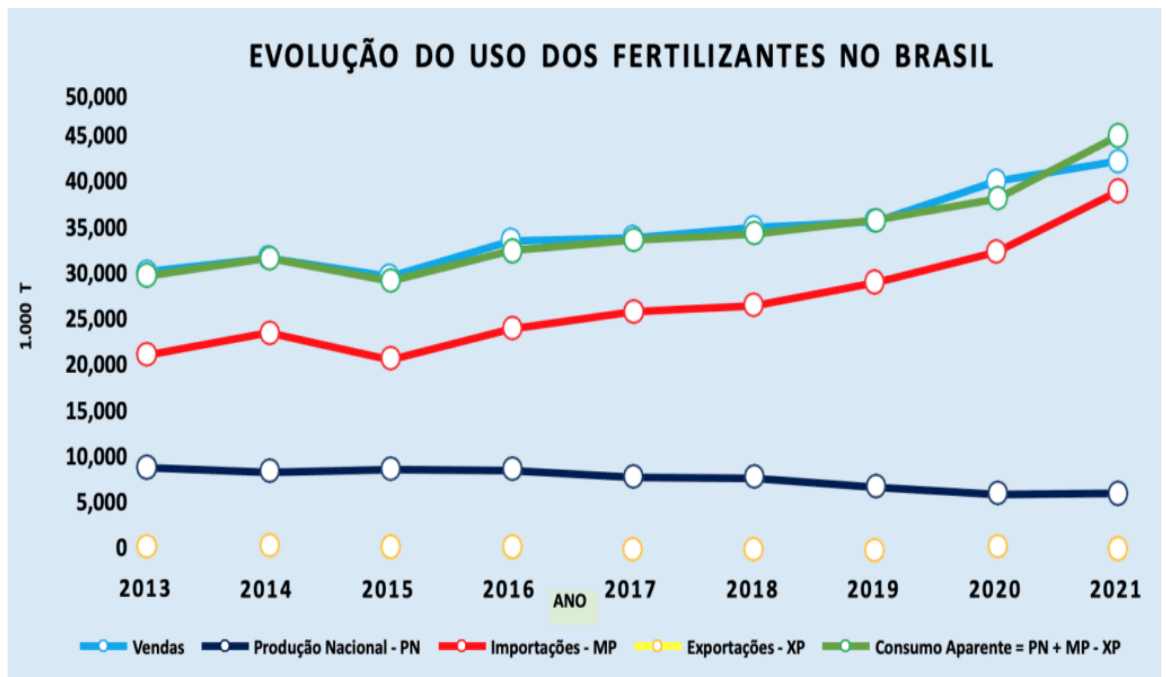
Fonte: Bolsa de comércio de Rosário – Argentina. Disponível em:
www.ciafa.org.ar Acesso em: 09/11/2023.

Os grandes produtores agrícolas do mundo compõem a lista dos principais consumidores de fertilizantes, contribuindo fortemente para a demanda global desses produtos, que oscila em torno de 185 milhões de toneladas de consumo anual.

O consumo de fertilizantes no Brasil vem aumentando ao longo dos anos, puxado principalmente pelo plantio de soja e de milho no Centro-Oeste. (Gráfico 3)

Dada as características do solo, carente em potássio e fósforo, há um aumento proporcionalmente maior desses dois insumos.

Gráfico 3: Evolução do uso de fertilizantes no Brasil



Fonte: Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA)– Pesquisa Setorial (2021) - Projeção estimada pela Macro setor Consultores.

4.0 DESGASTES DE EQUIPAMENTOS E PEÇAS NA INDÚSTRIA DE FERTILIZANTES.

4.1 Corrosão

Corrosão é um dos maiores e mais frequente problemas nas indústrias, aparecendo em diversas atividades, como por exemplo nas indústrias petrolífera, química, de transportes, na medicina (próteses), esculturas etc. (GENTIL, 1996, 3ª ed.).

Por conta disso, as perdas econômicas são grandes e estão relacionadas a consequências diretas e indiretas (troca de equipamento danificado, manutenção, contaminação de produto, perda de eficiência, entre outros). Além disso, os efeitos da corrosão vão além dos efeitos econômicos e podem trazer consequências sociais e ao meio ambiente, interferindo na segurança (súbita falha que pode acarretar explosão, desmoronamento etc.) e saúde (poluição pelo escape de produtos). (DAVIS, 2000).

A corrosão é um dos principais desgastes que afetam os equipamentos e peças na indústria de fertilizantes. Isso ocorre devido à exposição dos materiais metálicos a matérias primas com bases salinas utilizadas no processo de produção.

Sem controle, a corrosão pode levar a deterioração dos equipamentos, redução da eficiência e aumento dos custos de manutenção.

4.2 Erosão

A erosão é outro desgaste comum na indústria de fertilizantes. Ela ocorre devido ao atrito entre as partículas sólidas presentes nos fertilizantes e as superfícies dos equipamentos. A erosão pode causar danos nas peças, resultando em perda de eficiência e necessidade de substituição mais frequente.

A erosão na indústria de fertilizantes pode ocorrer de várias maneiras. Um dos principais fatores que contribuem para a erosão é o transporte de materiais granulados ou em pó, como fertilizantes, através de tubulações e equipamentos. O atrito constante desses materiais pode causar desgaste nas superfícies internas das tubulações e equipamentos, levando à erosão.

Além disso, a erosão também pode ocorrer durante o manuseio dos fertilizantes. Por exemplo, durante o carregamento e descarregamento de caminhões ou durante o armazenamento em silos, o movimento constante dos materiais pode causar atrito e desgaste nas superfícies de contato, resultando em erosão.

A erosão na indústria de fertilizantes pode ter várias consequências negativas. Pode levar à redução da vida útil dos equipamentos, aumentar os custos de manutenção e reparo, afetar a eficiência do processo e até mesmo causar vazamentos ou falhas nos equipamentos.

4.3 Fadiga

A fadiga é um tipo de desgaste que ocorre devido ao ciclo repetitivo de carga e descarga nos equipamentos. Na indústria de fertilizantes, os equipamentos estão sujeitos a vibrações e choques constantes, o que pode levar à fadiga das peças e à sua eventual falha.

É um fenômeno que ocorre quando os materiais são submetidos a carregamentos cíclicos, resultando em falhas progressivas ao longo do tempo. Isso pode ocorrer em equipamentos como tubulações, vasos de pressão e estruturas de suporte.

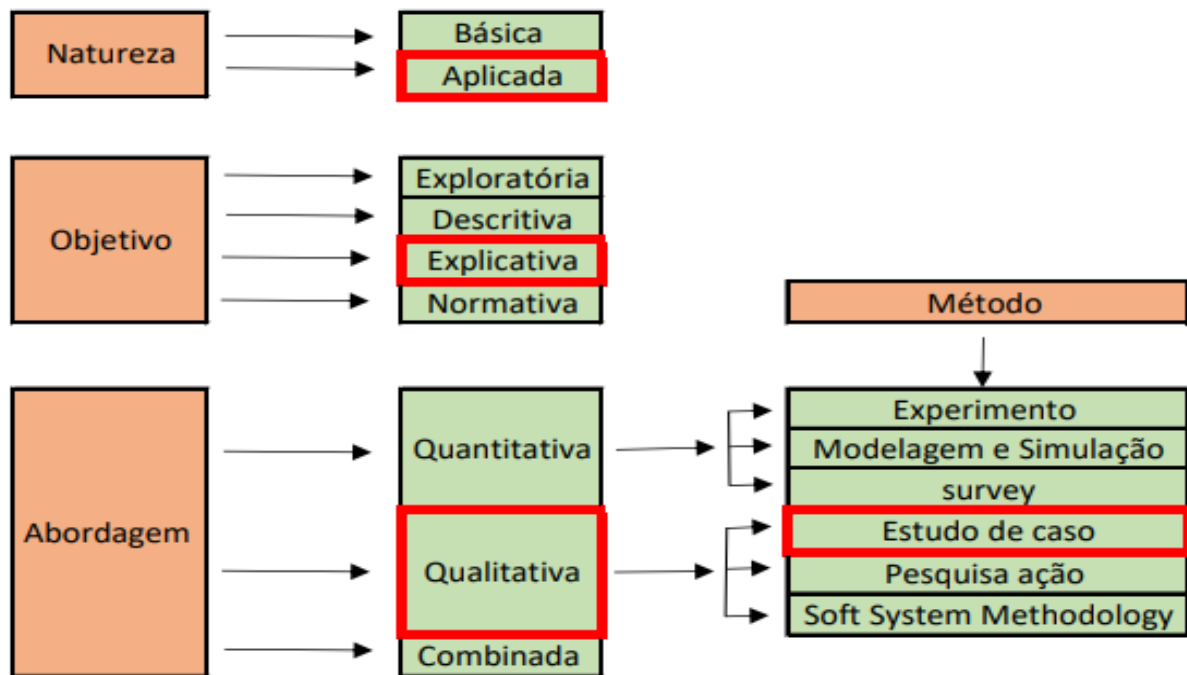
Existem várias causas de fadiga na indústria de fertilizantes. O ciclo de carga e descarga durante o transporte de materiais granulados ou em pó pode causar tensões repetidas nas estruturas, levando à fadiga. Além disso, as vibrações e as variações de temperatura também podem contribuir para a fadiga dos materiais.

A fadiga pode ter consequências graves, como falhas estruturais e vazamentos, que podem levar a acidentes, danos ambientais e interrupção da produção. Portanto, é essencial que a indústria de fertilizantes adote medidas para prevenir a fadiga.

5 – MATERIAS E MÉTODOS

O procedimento adotado no presente artigo para categorizar o método empregado na pesquisa pode ser observado na figura 1.

Figura 1: Classificação da pesquisa científica em Engenharia de Produção:

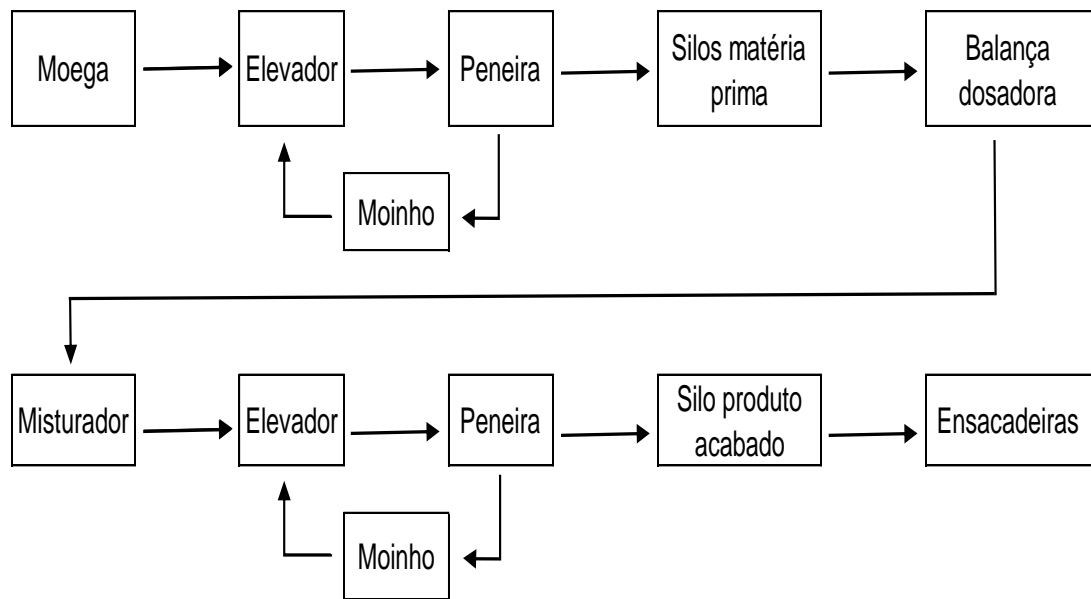


Fonte: Turrioni e Mello (2012).

Quanto ao processo em estudo, trata-se de uma unidade de mistura e ensaie.

Para melhor compreender, cada misturador é composto por: 1 moega, 2 elevadores de canecos, 2 peneiras giratórias, 2 moinhos de martelos, 1 compartimentado de silos de armazenagem de matéria prima, 1 balança dosadora, 1 misturador rotativo, e 1 silo de produto acabado e ensacadeiras.

Figura 2: Funcionamento da unidade de mistura e ensaque.



Fonte: Autores (2023).

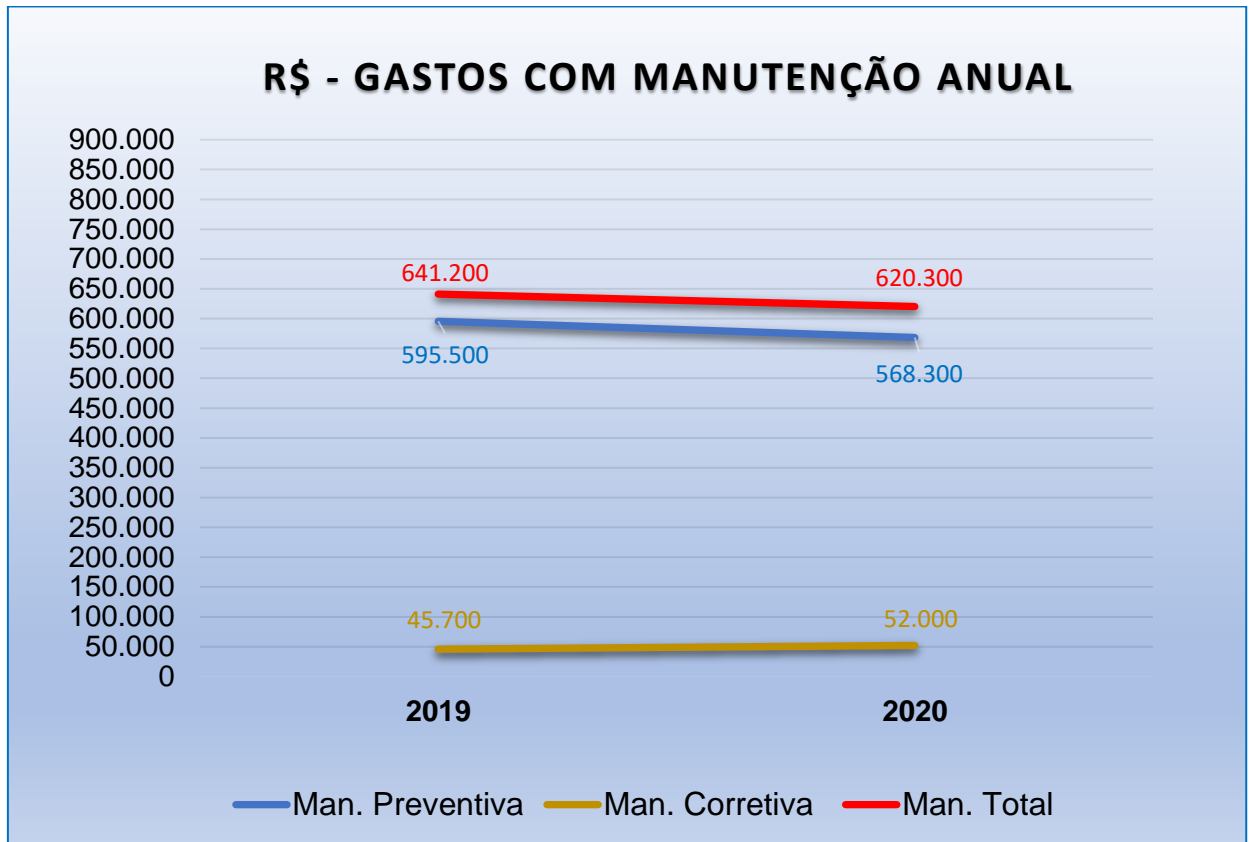
6 ESTUDO DE CASO

Este trabalho se refere a um estudo de caso em que se implementou melhorias significativas nas unidades de mistura e ensaque de uma empresa que, para manter seu sigilo, optou-se em chama-la de empresa X. A definição do tema e da empresa a ser estudada ocorreu devido à afinidade dos autores com o processo produtivo analisado.

O que gerou a necessidade de melhoria foram: a oscilação da produção, a baixa produtividade, as paradas não programadas afetando o atendimento ao cliente (prazos) e as perdas de processo provocadas pelo alto índice de paradas levando a elevados custos de manutenção

Foi realizado o levantamento dos valores gastos com manutenções entre os anos de 2019 e 2020.

Gráfico 4: Custos anuais de manutenções preventiva e corretiva.

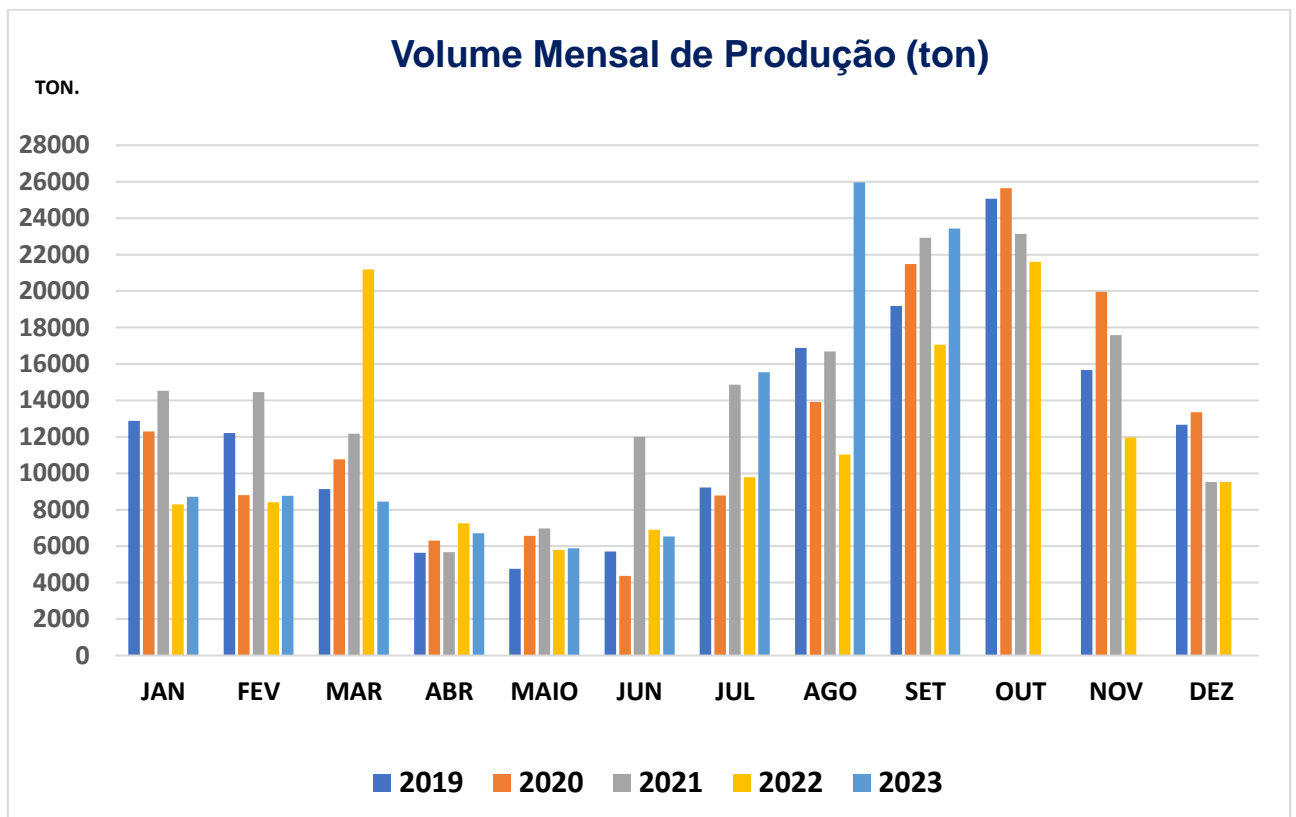


Fonte: Autores (2023).

A demanda do produto é sazonal, com um volume menor entre os meses de abril e junho (baixa produtividade), onde é o período mais indicado para as manutenções preventivas anuais; é quando uma unidade de mistura e ensaque pode ficar parada para as manutenções sem impactar na produção. Neste período serão realizadas todas as manutenções e reformas necessária para o próximo período de safra, que acontece entre os meses de agosto e novembro (alta produtividade).

No restante do ano são realizadas as manutenções corretivas mediante as necessidades apresentadas, o que estava impactando na empresa devido à grande quantidade.

Gráfico 5: Indicadores de volume de produção mensal da unidade industrial da Empresa X:



Fonte: Autores (2023).

6.1 Kaizen

Observou-se na empresa a necessidade de um estudo mais aprofundado do tema em questão e, para fazer o levantamento dessas informações, discussões e aplicação de ferramentas de melhoria contínua, que poderiam resolver ou minimizar consideravelmente o problema, foi realizado um kaizen com uma equipe multidisciplinar, formada por:

- Operador de Produção,
- Líder de Produção,
- Encarregado de Produção,
- Gerente,
- Técnico de Manutenção e
- Encarregado de Manutenção.

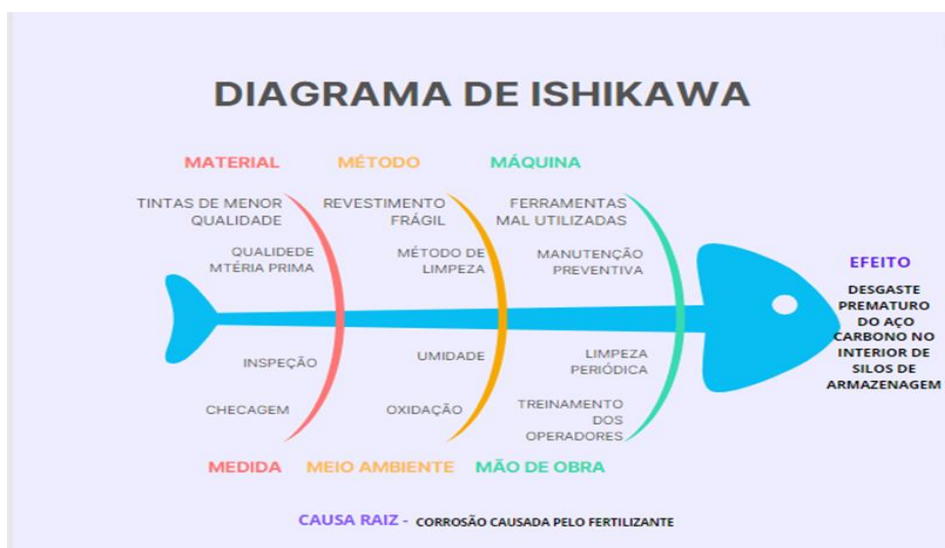
Na empresa X foi selecionada e analisada uma unidade industrial que contém 5 misturadores (unidades de misturas e ensaque) com dimensões e capacidades produtivas diferentes, onde sempre existe o contato entre o fertilizante e o aço carbono, ocorrendo o desgaste acelerado, seja por atrito (físico) ou corrosão (químico).

No ano de 2021, conforme informações prestadas pela empresa, foram implantadas melhorias utilizando a metodologia Kaizen (melhoria contínua), e aplicadas as ferramentas: 5 Porquês, 5w2h e Ishikawa, a fim de minimizar os desgastes, o impacto das paradas para manutenções e aumentar a vida útil dos maquinários.

6.2 Diagrama de Ishikawa.

Através das informações coletadas e com a experiência da equipe multidisciplinar foi possível aplicar a ferramenta de Ishikawa associada a um brainstorm para iniciar o processo de busca da causa do desgaste prematuro do aço carbono que é o material que as peças e as máquinas são construídas.

Figura 3: Diagrama de Ishikawa.



Fonte: Autores (2023).

Na sequência, a equipe investigou cada uma das possíveis causas. Depois utilizou o 5 Porquês apenas para aquelas causas avaliadas como sendo de maior relevância.

6.3 5 Porquês.

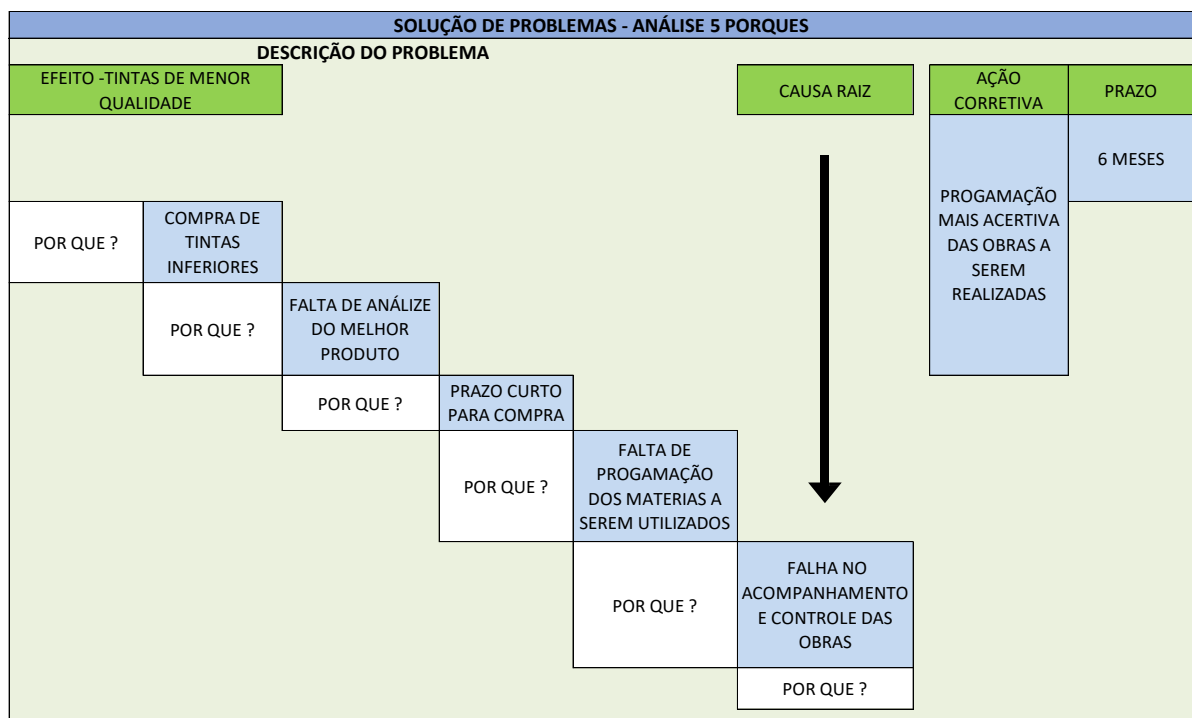
Após ter encontrado as principais causas através do diagrama de Ishikawa, foi montada a planilha dos 5 Porquês para determinarmos a (s) causa (s) raiz (s) e seus efeitos. A empresa X concentrou mais esforços para poder diminuir os impactos e realizar as melhorias, conforme as causas propostas, com o objetivo de minimizar a corrosão e conseqüentemente as paradas de máquinas

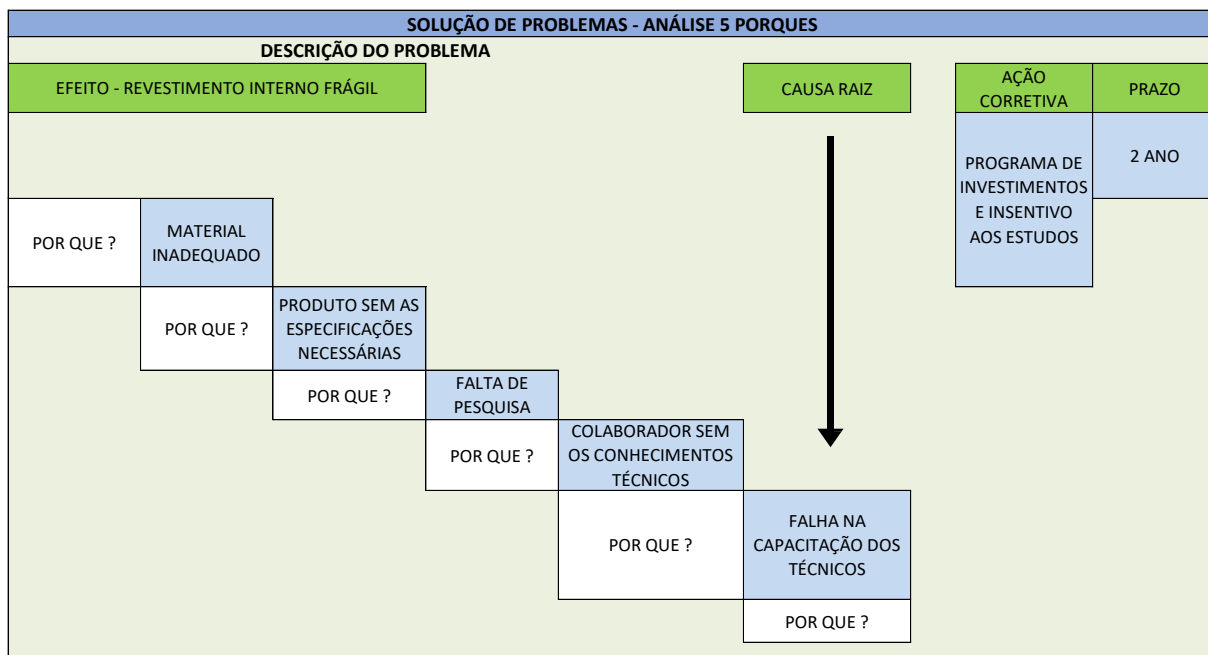
Assim, a análise dos 5 Porquês foi feita para as 2 causas mais relevantes para estudo:

1ª “tintas de menor qualidade” que afetou diretamente na durabilidade do material estudado, na qual não oferecia a proteção necessária para evitar o desgaste das peças.

2ª “revestimento interno frágil”: somente a utilização da tinta no interior dos silos e tubulações não foi necessário para conter o desgaste.

Nota: As demais causas também tiveram algum impacto na durabilidade do aço carbono, porém seus efeitos são pequenos e não tiveram grande relevância para um estudo mais detalhado.





Após ter sido finalizado o 5 Porquês e definidas duas causas raízes mais relevantes, a equipe tomou as ações necessárias para eliminar as causas raízes e para corrigir o problema existente, como podemos ver na fermenta 5W2H a seguir:

6.4 Plano de Ação 5W2H – Execução.

Tabela 1: Plano de ação 5W2H.

What	Why	Where	When		Who	How	How much
O que será feito?	Por que será feito?	Onde será feito?	Quando será feito		Por quem será feito?	Como será feito?	Quanto custa?
PLANO DE AÇÃO	RESULTADO ESPERADO	LOCAL DA REALIZAÇÃO	INÍCIO (mm/aa)	DURAÇÃO (dias)	RESPONSÁVEL	COMO SERÁ FEITO?	CUSTOS/ VALORES
Corrigir o problema com tintas de menor qualidade	Diminuir o processo de corrosão de peças e partes dos equipamentos de ensaque de fertilizantes.	Na máquina 1, 2, 3, 4, 5 da unidade industrial de Pouso Alegre MG	04/2021	90	Encarregado de manutenção e sua equipe.	Aplicação de Revestimento Polimérico (Tinta Epóxi) em seguida acabamento com tinta normal.	R\$100.000,00

Revestimento interno frágil	Diminuir o processo de corrosão de peças e partes dos equipamentos de ensaque de fertilizantes	Nos interiores dos equipamentos onde existe contato direto do aço carbono com o fertilizante das 5 unidades	04/2021	90	Encarregado de manutenção e responsável pelo setor de compras.	Revestimento interno de silos e tubulações utilizando UHMW.	R\$150.000,00
Programação objetiva	Estabelecer uma sistemática para organizar adequadamente quais serão os possíveis materiais a serem utilizados e consequentemente aumentar a qualidade dos produtos a serem utilizados nas reformas.	Em todos os novos projetos/obras	A partir do ano de 2022	Contínuo	Gerente de Produção	Envolvimento dos setores de compras, custos, PCP e avaliação dos produtos a serem utilizados.	x
Capacitação técnica, da equipe.	Capacitar a equipe técnica e de operação – Treinamento interno e programa de estudos relacionados a áreas afins.	Nos departamentos envolvidos (Todos os colaboradores técnicos, operadores e auxiliares.)	A realizar em 2024	Contínuo	Diretoria da empresa	Criar programa de estudos e treinamentos internos.	X

Fonte: Autores (2023).

Algumas das ações definidas, ainda não foram totalmente implementadas.

A prioridade da equipe foi implementar as ações de correção do problema para minimizar os impactos. Na sequência, o foco do investimento seria nas ações para eliminar as causas raízes.

7.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES

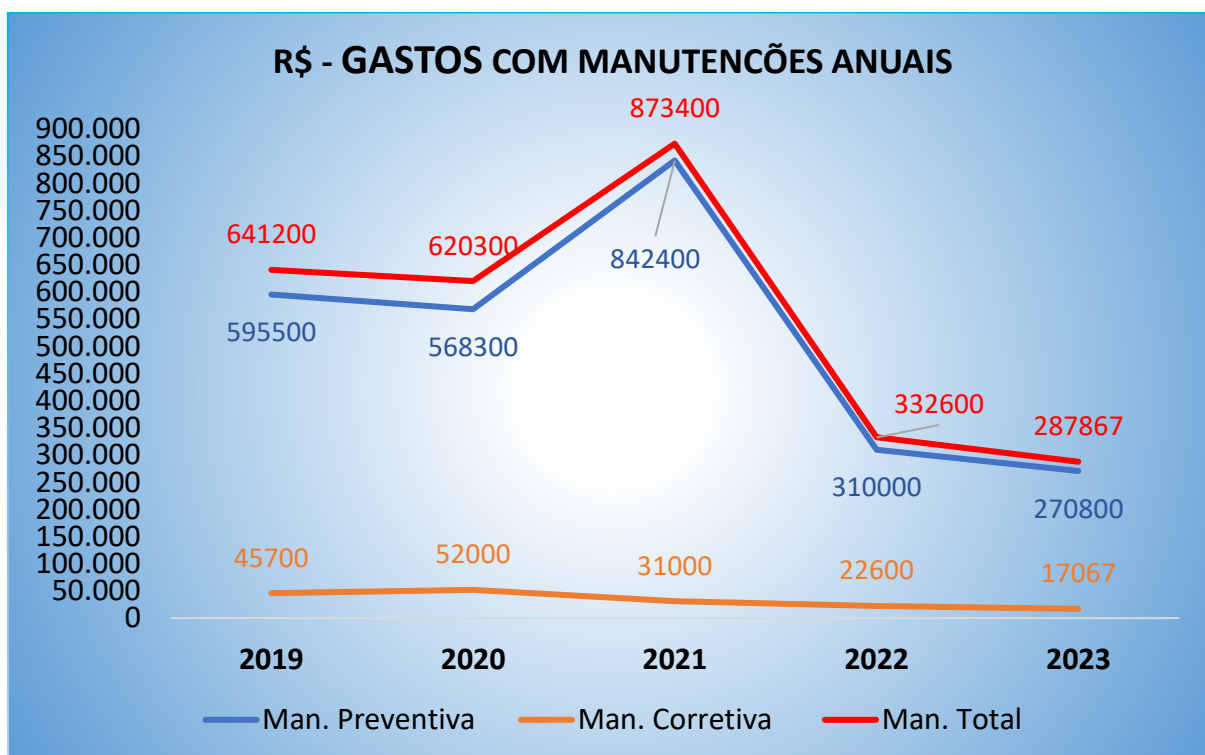
Segundo os indicadores de custos anuais de manutenções preventivas e corretivas da unidade industrial da Empresa X (gráfico 4), nos anos de 2019 a 2020, seguindo as práticas de manutenções preventivas e corretivas convencionais da empresa, podemos observar que havia um gasto elevado e constante com as manutenções.

No ano de 2021, com as avaliações e devido a implementação de melhorias utilizando ferramentas baseadas no método Kaizen, podemos observar um aumento de gastos com manutenção preventiva em torno de 48%, em relação à média dos anos anteriores.

Esse aumento repentino de gastos se deve aos custos de implantação das melhorias, porém, no ano de 2022, após implementadas as melhorias o custo foi consideravelmente menor, apresentando uma economia de 47% em relação à média de gastos de 2019 e 2020. Em relação aos gastos de 2021 a queda foi de 62%.

Os dados de 2023 foram coletados até o mês de setembro e, baseados nestes dados, estimados até o fechamento do ano. É possível observar que o cenário de despesas com manutenção preventiva apresenta uma tendência de queda e se assemelha a 2022 com redução.

Gráfico 6: Custos anuais de manutenções preventiva e corretiva – com Kaizen.



Fonte: Autores (2023).

Com relação as manutenções preventiva e corretiva, pode-se observar que a partir do ano de 2021 houve uma redução considerável nos custos, o que pode ser relacionado com um menor índice de paradas não programadas, gerando melhor produtividade, custo menor de fabricação e melhor atendimento ao cliente.

A relação de manutenção preventiva descrita pela empresa X se refere à troca, substituição de peças e partes da máquina ou equipamento. Em vários casos a peça ou parte do equipamento deixa a linha parada, porém para a manutenção, por ter sido feito a troca de peças e partes isto é considerado como preventiva.

A média do custo total de manutenção entre os anos 2019 e 2020 foi de R\$ 630.750, enquanto a dos anos 2022 e 2023 foi de R\$ 310.233,50, o que mostra uma redução de 50,8%

8.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o uso da metodologia Kaizen e utilizando as ferramentas de Ishikawa e 5 PORQUÊS a equipe multidisciplinar da empresa X conseguiu determinar as causas raízes, e as ações corretivas que estavam diretamente ligadas as paradas de máquina e à geração de manutenções. Com o 5W2H foi possível organizar e programar a execução.

Detectou-se um desgaste prematuro do aço carbono, o que causava o custo elevado com manutenção e troca de componentes do maquinário, porém isso é inerente ao processo, pois os equipamentos são fabricados em aço carbono e o fertilizante em contato proporciona alta taxa de corrosão, o que não permitia atingir a capacidade total de uso, exigindo trocas antes do previsto.

Foi possível aumentar a vida útil de uma unidade de mistura e ensaque, unidade piloto, através da implementação e utilização das ferramentas.

Também foi realizado estudo de viabilidade da utilização da tinta epóxi antes da tinta de acabamento em todos os equipamentos com composição de aço carbono, buscando a redução da oxidação.

No interior dos silos, moegas, e balanças foram utilizadas as placas de UHMW e revestimento de bicas dos moinhos, com a finalidade de diminuir a resistência de atrito com o fertilizante, facilitando o seu transporte e diminuindo eventuais perdas através da redução do índice de resíduos acumulados no interior destas partes.

Com a implementação dessas melhorias, minimizou-se as manutenções não programadas, diminuindo as paradas de máquina, melhorou o atendimento ao cliente (prazos), diminuiu a perda de produto e gerou resultado financeiro, tornando a empresa X mais competitiva.

Para a aplicação e implementação, houve um aumento no custo de manutenção no ano da implementação devido aos investimentos necessários, mas nos anos subsequentes, a redução desses custos foi de 50,8% além de demais ganhos obtidos, mas não mensurados neste trabalho.

A empresa X incluiu no seu planejamento anual de outras linhas e unidades produtivas, o trabalho de melhoria contínua através do Kaizen.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, José Eduardo Pessoa de Andrade. **Fertilizantes – em pleno século XXI conhecer melhor sua relevância para a humanidade**. 2022. Disponível em: <<https://engenhariaemrevista.com.br/artigo/fertilizantes-em-pleno-seculo-xxi-conhecer-melhor-sua-relevancia-para-a-humanidade/>> Acesso em: 11/11/2023.

Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA). Disponível em: <<https://www.anda.org.br/>> Acesso em: 09/11/2023.

Associação Brasileira das Indústrias de Tecnologia em Nutrição Vegetal (ABISOLO). Disponível em: <<https://www.abisolo.com.br/>> Acesso em: 10/11/2023.

BRASIL. **Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos Plano Nacional de Fertilizantes 2050 (PNF 2050)**. Brasília: SAE, 2021 195. Disponível em: <<https://static.poder360.com.br/2022/03/plano-nacional-de-fertilizantes-brasil-2050.pdf>> Acesso em: 10/11/2023.

Cámara de la Industria Argentina de Fertilizantes y agroquímicos. 09 de Junho de 2021. Disponível em: <<https://www.ciafa.org.ar/>> Acesso em: 20/11/2023.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. 9ª edição. Nova Lima: Editora Falconi, 2014.

CARVALHO, Guilherme Bulhões; ALVES, Nelson Aparecido. **Aplicação das Ferramentas da Qualidade no Setor de Compras Visando Redução de Custos**. XL Encontro Nacional De Engenharia De Produção: “Contribuições da Engenharia de Produção para a Gestão de Operações Energéticas Sustentáveis”. Foz do Iguaçu, Paraná, 2020.

DAVIS, Joseph. **Corrosão: Compreendendo o Básico**. Parque de Materiais, Ohio: ASM Internacional, 2000.

DUARTE, Inês Cristina Vieira. **Melhoria Contínua através do Kaizen: Estudo de Caso**. Tese de dissertação para obtenção de grau em mestrado em Engenharia e Gestão Industrial. Universidade da Beira Interior - Engenharia. Portugal, Covilhã, p.7. 2013.

EMBRAPA. **Nutrientes para a agricultura: condicionantes e tendências do uso de fertilizantes no Brasil**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/visao-de-futuro/intensificacao-tecnologica-e-concentracao-da-producao/sinal-e-tendencia/nutrientes-para-agricultura-condicionantes-e-tendencias-do-uso-de-fertilizantes-no-brasil>> Acesso em: 10/11/2023.

ESTATÍSTICAS DO SETOR. **Ministério da Agricultura e Pecuária**. 2022. Disponível em:<<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/plano-nacional-de-fertilizantes/estatisticas-do-setor>> Acesso em: 20/11/2023.

EQUIPE MAIS SOJA. **Importadores e exportadores de fertilizantes em todo mundo**. 2021. Disponível em: <<https://maissoja.com.br/importadores-e-exportadores-de-fertilizantes-em-todo-o-mundo/>> Acesso em: 20/11/2023.

FARIAS, P. I. V.; FREIRE, E.; CUNHA, A. L. C.; POLIDORO, J. C.; ANTUNES, A. M. S. **Garantia de insumos para a produção de alimentos no Brasil**. Foco em Fertilizantes, v. 38, n. 1, p. 52-54, jan./fev. 2021.

FARMNEWS. **Principais exportadores de fertilizantes para o Brasil no 1º trimestre de 2022**. Disponível em: <<https://www.farmnews.com.br/indicadores/principais-exportadores-de-fertilizantes-para-o-brasil-no-1-trimestre-de-2022/>> Acesso em: 09/11/2023.

GENTIL, Vicente. **Corrosão**. Rio de Janeiro: LTC, 1996. 3ª. ed.

GENTIL, Vicente. **Corrosão**; LTC: Rio de Janeiro, 2011, 6ª Ed.

Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM). Disponível em: < <https://www.ibram.org.br/>> Acesso em: 10/11/2023.

LOBO, Renato Nogueirol. **Gestão da Qualidade - As 7 Ferramentas da Qualidade, Análises e soluções de problemas**. JIT, Kaisen, Housekeeping, Kanban, FMEA, PPAP e Reengenharia). 1ª edição. São Paulo. Editora Érica, 2010.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/>> Acesso em: 11/11/2023.

MOURA, Luiz Fernando da Silva. RODRIGUES, Leonardo Mangia. **Aplicação das ferramentas da qualidade: Melhoria no tempo de tramitação do processo de aquisição de bens/ matérias e na construção de serviço.** XXXIX Encontro Nacional De Engenharia De Produção: "Os desafios da engenharia de produção para uma gestão inovadora da Logística e Operações". Santos, São Paulo, 2019.

SOUZA, Palloma Thayná Lima de. OMENA, Gabriela Alves Da Silva.; TENÓRIO, Mulcy Vinícius Silva.; HOLANDA, Laryssa Ramos de., et al. **Aplicação de ferramentas da qualidade para análise e melhoria de processos em uma distribuidora de produtos de higienização profissional.** XLII Encontro Nacional De Engenharia De Produção: "Contribuição da Engenharia de Produção para a Transformação Digital da Indústria Brasileira" Foz do Iguaçu, Paraná. 2022.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção: estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas.** 2012. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2012.