



Universidade Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação Lato Sensu
Engenharia da Qualidade 4.0



AMANDA CAROLINE KUDLAWICZ SILVA
FERNANDO DALLAGASSA
JOANA LOURENÇO PIERINI
MARIA FERNANDA MARGARIDA ZORZI
MARIANA CARMO DE CARVALHO

AUMENTO DA DISPONIBILIDADE DO PROCESSO DE MONTAGEM DE PNEUS

CURITIBA

2023

AMANDA CAROLINE KUDLAWICZ SILVA
FERNANDO DALLAGASSA
JOANA LOURENÇO PIERINI
MARIA FERNANDA MARGARIDA ZORZI
MARIANA CARMO DE CARVALHO

AUMENTO DA DISPONIBILIDADE DO PROCESSO DE MONTAGEM DE PNEUS

Monografia apresentada como resultado parcial à obtenção do grau de Especialista em Engenharia da Qualidade 4.0 - Certificado Black Belt. Curso de Pós-graduação Lato Sensu, Setor de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Walter Nikkel

CURITIBA
2023

RESUMO

Em um processo de fabricação de pneus notou-se muitas paradas de produção na etapa de montagem, onde ocorre a transformação dos fitilhos de borracha em pneu verde para posterior vulcanização. Com isso, foi identificada a oportunidade de se aprofundar nas causas dessas irregularidades, a fim de localizar potenciais melhorias para essa redução de perdas e aumento da disponibilidade da linha. Com foco nas paradas que foram ocasionadas pelo arrebetamento do fitilho de borracha, que representa uma parte significativa nessas perdas, foram encontrados importantes causas no mixing – etapa que fornece o composto para construção do fitilho para a montagem. Portanto, foram atacadas essas causas de forma simples e efetiva sem necessidade de grandes investimentos, para que pudessem ser implementadas efetivamente e de maneira imediata na indústria, gerando uma estimativa de ganho de disponibilidade de até 416,7 horas/ano, ou seja redução em 20% no tempo de parada quando comparado a 2021.

Palavras-chave: Pneu, disponibilidade, redução de paradas, montagem, matéria prima, lean manufacturing, DMAIC.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: SIPOC	12
Figura 2: Gráfico de Pareto.....	13
Figura 3: Fitolho de borracha arrebetado na calandra.....	13
Figura 4: Loss arrebetação na calandra 2020 – 2021.....	14
Figura 5: Ishikawa.....	16
Figura 6: Ganho de tempo 2022 comparado a 2021.....	17
Figura 7: Mapa de processo fabricação de pneus.....	18
Figura 8: Fluxo de reaproveitamento da borracha.....	18
Figura 9: Mapa de causas.....	19
Figura 10: Plano de ação 5W2H.....	21
Figura 11: : Padronização do material reaproveitado.....	21
Figura 12: Material de capacitação para padrão de material reaproveitado.....	22
Figura 13: Capacitação e conscientização.....	22
Figura 14: Treinamento aplicado.....	23
Figura 15: Processo de pesagem do químico.....	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Matriz GUT.....	19
---------------------------	----

CONTEÚDO

1. INTRODUÇÃO	5
1.1. Contextualização	5
1.2. Formulação do problema	6
1.3. Justificativa	6
1.4. Hipótese	7
1.5. Objetivo	7
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1. Metodologia Seis Sigma	8
2.2. Metodologia DMAIC	8
2.3. Ferramentas da qualidade	9
3. METODOLOGIA.....	11
3.1. Fase Definir	12
3.1.1. Requisitos de projeto	12
3.2. Fase Medir.....	15
3.2.1. Estratificação e comportamento dos indicadores	15
3.2.2. Comprovação da meta global.....	16
3.3. Fase Analisar.....	17
3.4. Fase Melhorar	20
3.5. Fase Controlar.....	23
4. CONCLUSÕES	25
4.1. Sugestões de trabalhos futuros	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

1. INTRODUÇÃO

Durante o processo de produção de pneus em uma empresa localizada no Paraná, foi observado um grande *loss*, “tempo perdido”, por paradas de linha. Dentro desse contexto, com a possibilidade de aplicar análises mais aprofundadas e junto com elas ações de “*quick wins*” para melhoria e aumento da disponibilidade de processo.

Sendo assim, foi definida a metodologia DMAIC para aprofundar o tema e gerar de forma estruturada soluções simples e de aplicação imediata com objetivo de ganhos mais rápidos e que abriam oportunidades para melhorias de maiores investimentos no futuro, devida a alta estimativa de ganhos produtivos. Essas ações são em sua maioria definitivas e com grande potencial de ganho para aumentar a disponibilidade das linhas.

1.1. Contextualização

O processo de fabricação de pneus da empresa estudada tem como base três principais etapas: a mistura (*mixing*), a montagem e a vulcanização. Na primeira etapa é preparado toda matéria prima, construindo e formando o estágio inicial da borracha, já disponibilizando seu produto em formato final para a construção de fitilho nas linhas de montagens.

Esse material é então direcionado para o setor de montagem, onde ganha a primeira forma de pneu, sendo aplicado junto a malhas metálicas e outros componentes para que seja formado. O caminho desse fitilho na montagem é construído através da chamada calandra, o que faz com que a estrutura desse fitilho tenha que ser linear e equilibrada para evitar rompimentos, construindo de forma contínua o pneu. É na montagem que sai o chamado “pneu verde”, que nada mais é que todos os componentes do pneu já agrupados em seu formato, pronto para ir à vulcanização.

A vulcanização da borracha é um processo químico que envolve a adição de enxofre e aquecimento à borracha natural ou sintética. Esse processo é fundamental para melhorar suas propriedades, como resistência, elasticidade e durabilidade. Durante a vulcanização, as ligações entre as cadeias de polímeros de borracha são

cruzadas pelo enxofre, formando ligações fortes chamadas pontes de enxofre. Isso torna a borracha mais rígida e menos suscetível a deformações em temperaturas extremas, além de aumentar sua resistência a produtos químicos e ao desgaste.

Por fim, é na vulcanização que a borracha será aquecida a altas temperaturas se alocando no molde final, com as ranhuras e formato para venda, gerando assim o produto final.

1.2. Formulação do problema

Durante o ano de 2021 notou-se uma grande ociosidade no setor de vulcanização (última etapa do processo de fabricação de pneus) devido à falta de alimentação proveniente do setor de montagem. Analisando mais a fundo, foi possível perceber que o nível de paradas no processo de montagem estava relevantemente elevado, por diversos motivos paralelos.

Observando de forma macro a etapa de montagem, obteve-se uma perda (em horas) equivalente a 40% de todas as paradas por problemas na formação da capa e finalização do pneu, gerando a partir desse dado a oportunidade de avaliar o processo em específico e através de ações rápidas gerar ganhos visíveis a melhoria do processo.

1.3. Justificativa

O volume de paradas da linha de montagem representa uma importante métrica para a capacidade produtiva de toda a fábrica, portanto se torna fundamental atacar as principais causas dessas paradas a fim de aumentar a disponibilidade da linha para que alimente de maneira mais frequente a etapa de vulcanização. Reduzindo o *loss* e gerando esse aumento de disponibilidade da linha, estima-se a possibilidade de aumentar a entrega em torno de 23 mil unidades de pneus aro 13" no ano comparado a 2021. Atualmente a empresa tem um volume de pedidos maior que a sua capacidade de produção, com isso todo ganho de capacidade de produção estará automaticamente melhorando sua capacidade de atender as demandas dos clientes.

1.4. Hipótese

Tendo como base as principais etapas do processo que geraram paradas na linha de montagem, foi observado que a ruptura dos fitilhos na calandra estava sendo significativa para o processo, uma vez que era necessário parar todo o equipamento de montagem de pneu para fazer a remoção e separação do material e só então reiniciar a montagem. A principal hipótese de melhoria torna-se a partir de então a análise da formação e qualidade dos fitilhos que estão sendo usados nessa etapa, além da garantia que as instruções operacionais e de qualidade estavam sendo seguidas.

1.5. Objetivo

Com base no problema analisado, apenas focando em ações simples e sem grandes investimentos, o objetivo desse trabalho é encontrar as possíveis causas e soluções para aumentar a disponibilidade de pneus verdes para a linha de vulcanização, gerando um aumento no número de pneus a serem produzidos em um mesmo período de tempo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Metodologia Seis Sigma

A metodologia Seis Sigma, de acordo com Rechulski e Carvalho (2004) surgiu na década de 80 na Motorola com o objetivo de melhoria da qualidade. A razão do nome “sigma” provém de uma medida estatística relacionada a aceitação de 99,99966% das unidades dentro dos limites de especificação. Esta metodologia analisa as causas originais dos problemas no processo e soluciona os mesmos a partir das saídas do processo e necessidades do mercado.

Conforme Cristina Werkema (2021) o Seis Sigma é uma estratégia altamente quantitativa que visa aumentar a performance e lucratividade das empresas a partir da melhoria da qualidade de produtos e processos. Esta metodologia enfoca os objetivos estratégicos da empresa e confere objetivos de melhorias em métricas quantificáveis para os setores chaves das organizações.

2.2. Metodologia DMAIC

Dentre as abordagens da metodologia Seis Sigmas está o DMAIC, o qual é fundamentado na ISO 9000 e no TQM (Total Quality Management). De acordo com Ramos et. al. (2014) o DMAIC se encaixa na fase de controle do projeto, onde estão os processos que asseguram o objetivo do projeto e que avaliam, monitoram e tomam ações corretivas sobre o mesmo. Seu embasamento é feito em ferramentas estatísticas e em conjunto com diversas ferramentas de controle de qualidade.

Visando garantir melhor desempenho das organizações a partir de melhorias e controles nos processos, Seleme et. al. (2016) aponta que a ferramenta gerencial DMAIC é utilizada para melhorar processos e negócios existentes e é composta por cinco etapas, Define (Definir), Measure (Medir), Analyze (Analisar), Improve (Melhorar) e Control (Controlar).

As etapas do DMAIC são descritas por Paladini et al. (2012) como:

- Fase 1: “D” Define: esta etapa consiste em definir os requisitos do cliente e identificar nos processos críticos as Características Críticas de Qualidade, Critical to

Quality, (CTQ), que estão gerando resultados ruins, para assim realizar uma análise crítica do projeto e do retorno que trará a empresa;

- Fase 2: “M” Measure: os processos e subprocessos são desenhados pela equipe responsável pelo projeto, e são definidas suas entradas e saídas. Adequase um sistema de medição e inicia-se a coleta de dados.

- Fase 3: “A” Analyze: inicia-se a análise dos dados coletados via as ferramentas tradicionais de qualidade e também estatísticas, a fim de identificar as causas óbvias e não óbvias geradoras de resultados negativos no processo.

- Fase 4: “I” Improve: nesta fase os dados estatísticos devem ser transformados em dados de processo, a equipe então estuda quais ações deve executar. A partir disso as melhorias se materializam e inicia-se uma quantificação dos efeitos nas metas financeiras e de desempenho da organização.

- Fase 5: “C” Control: a equipe deve estabelecer e validar um sistema de medição e controle para mensurar continuamente o processo e garantir que a capacidade do mesmo seja mantida. Este monitoramento é fundamental para indicar melhorias futuras e manter um controle sobre o processo.

2.3. Ferramentas da qualidade

As ferramentas da qualidade utilizadas neste projeto buscam atender a demanda do processo a partir de métodos de qualidade e estatísticos.

Para a identificação dos elementos relevantes no processo foi utilizado o SIPOC (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers). De acordo com Texeira (2013), esta ferramenta permite melhor visualizações do processo e organização. Os fornecedores (S) provém materiais, informações ou recursos que serão trabalhados no processo em questão. As entradas (I) são as informações ou materiais recebidos, o processo (P) envolve todas as atividades que transformam as entradas em serviço final (S), enquanto os clientes (C) são os que recebem esta saída.

A determinação da causa raiz foi realizada através do Diagrama de Pareto, o qual consiste de um gráfico de barras verticais que permite a priorização das ações que mais afetam o processo. Conforme Rodrigues (2014) seu objetivo é explicitar os problemas prioritários de um processo por intermédio da relação 20/80, ou seja, 20% das causas explicam 80% dos problemas.

O Diagrama de Ishikawa foi utilizada para representar a relação entre o efeito e todas as possibilidades de causa que podem contribuir para tal. Conforme Silva. et al. (2021), ele tem a finalidade de explorar e indicar as causas possíveis de um problema específico.

O fluxo de trabalho do processo analisado neste estudo foi realizado a partir de um mapa de processo, de acordo com Teixeira (2013) um fluxo de trabalho consiste em um conjunto de atividades inter-relacionadas que seguem um determinado caminho, enquanto inputs do processo são transformados em outputs. A utilização deste mapa mostra os limites do fluxo de trabalho, torna visível a relação entre fornecedor e consumidor e identifica padrões no fluxo de trabalho.

A ferramenta utilizada para priorizar as potenciais causas do problema foi a Matriz GUT. Bezerra .et al. (2012) cita que essa matriz considera a gravidade (G), urgência (U) e tendencia (T) do fenômeno. Sendo a gravidade o possível prejuízo recorrente da situação, a urgência se refere a pressão do tempo que existe para resolver a situação e a tendencia explicita o comportamento da evolução do sistema.

A ferramenta 5W2H de acordo com Werkema (2012) possui a finalidade de representar o método de definição das atividades a serem executadas para atingirem o objetivo do projeto. Os seguintes itens são analisados:

- “W” What: O que será feito?
- “W” When: Quando será feito?
- “W” Who: Quem fará?
- “W” Where: Onde será feito?
- “W” Why: Porque será feito?
- “H” How: Como será feito?
- “H” How Much: Quanto custará o que será feito?

3. METODOLOGIA

Para alcançar o objetivo de desenvolver uma metodologia para aumentar a disponibilidade do processo de montagem de pneus, visando melhorias na qualidade e eficiência, foram utilizadas diversas ferramentas da engenharia da qualidade, a fim de identificar e solucionar problemas que possam afetar a disponibilidade do processo, sendo elas: SIPOC, o Gráfico de Pareto, o Plano de Ação, o Mapa do Processo, a Matriz de Causa e Efeito (Diagrama de Ishikawa) e a Matriz GUT.

- Gráfico de Pareto: os dados de paradas foram identificados e priorizados. Após a identificação em ordem de importância, foi possível agir de forma eficaz no problema, uma vez que a ferramenta fornece uma clara visualização dos problemas prioritários.

- SIPOC (Supplier, Input, Process, Output, Customer): ferramenta que fornece uma visão geral do processo, identificando seus componentes principais onde foi possível visualizar fluxo do processo de montagem de pneus, identificando seus fornecedores, entradas, atividades do processo, saídas e clientes. Com o SIPOC, foi possível ter uma visão abrangente do processo, ajudando a identificar pontos de entrada e saída do processo e a compreender suas interações.

- Matriz de Causa e Efeito: foi utilizada para identificar as causas raiz do alto índice de paradas na estação do CAP, sendo esta estação responsável pela construção da parte externa do pneu.

- Plano de ação: foi elaborado com base nas informações obtidas pelo SIPOC e pela Carta de Controle para tratar os problemas identificados, detalhando as ações necessárias para resolver as causas raiz dos problemas e melhorar a disponibilidade do processo de montagem de pneus. A partir disso, foi possível criar uma estratégia direcionada para a resolução dos problemas identificados.

- Mapa do Processo: representou visualmente o fluxo, a identificar gargalos, tempos de espera e possíveis desperdícios no processo, e na identificação de oportunidades de melhoria.

- Matriz GUT: o uso da matriz foi uma técnica de priorização utilizada para classificar os problemas identificados de acordo com sua gravidade, urgência e tendência. Auxiliou na seleção das melhorias mais impactantes para aumentar a disponibilidade do processo de montagem de pneus.

3.1. Fase Definir

A etapa definir traz a definição do problema, bem como seu comportamento ao longo do tempo, a meta a ser alcançada e os possíveis ganhos do projeto.

3.1.1. Requisitos de projeto

Após notar o tempo ocioso da etapa de vulcanização na fábrica de produção de pneus, foi avaliado que o problema real era o alto índice de paradas na linha de montagem, não conseguindo então suprir toda a capacidade para a etapa de vulcanização. A Fig. 1 apresenta o SIPOC, o qual mostra de forma simples quais são os fornecedores, materiais e clientes do processo de fabricação de pneus de forma geral.

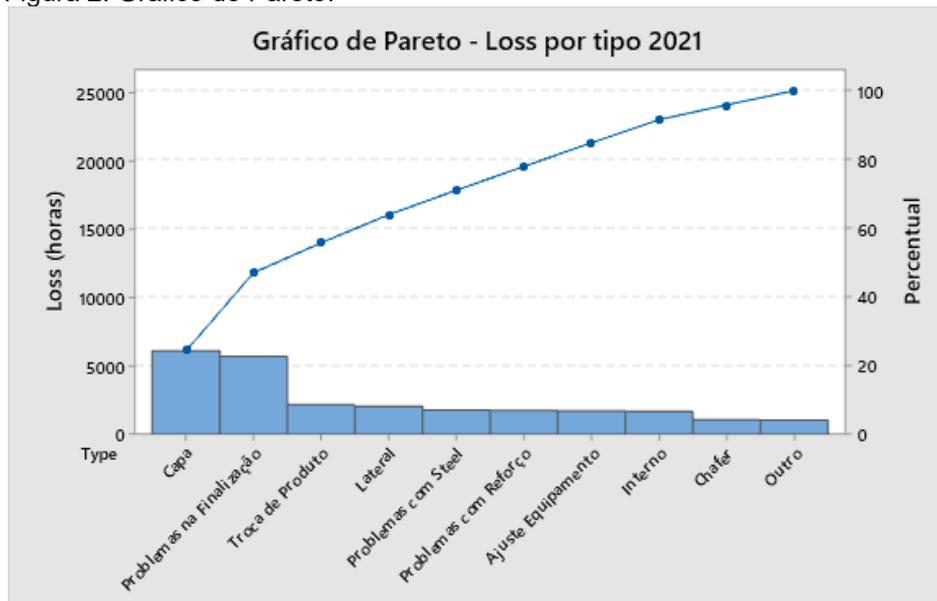
Figura 1: SIPOC

S	I	P	O	C
Fornecedores	Entradas	Processo	Saídas	Clientes
Mistura Calandragem Corte de material	Composto (borracha) Malha de tecido pneu Malha de aço pneu Talão pneu	Montagem	Pneu verde	Vulcanização

Fonte: dos autores (2023).

Para validar esse problema, foram analisados os dados de paradas (mensurado em horas) da linha de montagem de pneus e em qual etapa da montagem as perdas estavam ocorrendo, Fig. 2. A confiabilidade dos dados foi garantida a partir do registro operacional gerado pelas paradas do processo.

Figura 2: Gráfico de Pareto.



Fonte: dos autores (2023).

Somando essas informações com as observações do processo *in loco*, foi possível notar que uma parte significativa dessas paradas se dava pelo fitilho de borracha que é construído na montagem e acabava arrebrandando ao passar na calandra, conforme Fig.3.

Figura 3: Fitolho de borracha arrebrandado na calandra.

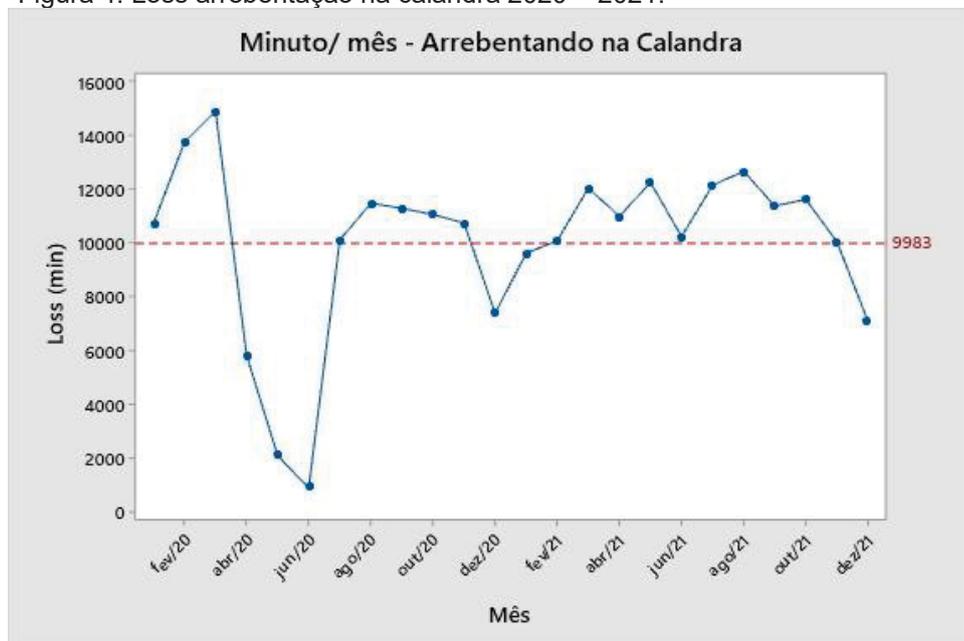


Fonte: dos autores (2023).

Essa parada estava sendo frequente e gerava perdas maiores devido a necessidade de retirar e classificar o material, fazer a troca do insumo na máquina e reiniciar a operação.

A empresa já possuía desde 2020 um monitoramento indicando por quanto tempo (em minutos) a etapa de montagem ficava parada por mês somente para esse problema na calandra. Foi possível observar que as paradas estavam sempre acima de nove mil minutos por mês de 2020 a 2021, tendo abaixo disso apenas os meses de drástica redução na produção devido ao ápice da pandemia de Covid-19 enfrentada nesses anos, conforme observado na Fig. 4.

Figura 4: Loss arrebetação na calandra 2020 – 2021.



Fonte: dos Autores (2023).

Desconsiderando os dados de 2020 que acabaram sendo atípicos devido a pandemia, obteve-se uma média mensal de paradas no ano de 2021 de 10.813 minutos por parada na calandra. A partir disso foi definida como meta geral reduzir até 30/06/2023 as paradas da etapa de montagem por material rompendo na calandra em 25.000 minutos no ano (estimado ganho de produção equivalente a 23.255 pneus aro 13 no ano), ou seja, uma redução de aproximadamente 20% no tempo de parada quando comparado a 2021.

Considerando um pneu de aro 13 em seu valor de venda online (R\$300,00) e o atingimento da meta realizada, a estimativa é que esse aumento de produção possa

gerar aproximadamente 7 milhões de reais a mais em faturamento no período. Supondo ainda que para a empresa em questão o lucro seja de 10% sobre o faturamento final, estima-se que o projeto possa gerar um ganho de 700 mil reais, ou seja, em média 467 mil reais por ano. Vale ressaltar aqui que foi usado o valor de venda final do produto em lojas online e um lucro fictício a fim de gerar uma estimativa financeira sem expor os valores reais da organização.

A comprovação de atingimento da meta será feita a partir do monitoramento mensal de tempo em minutos de paradas por fitilho arrebetado na calandra, conforme apresentado anteriormente.

3.2. Fase Medir

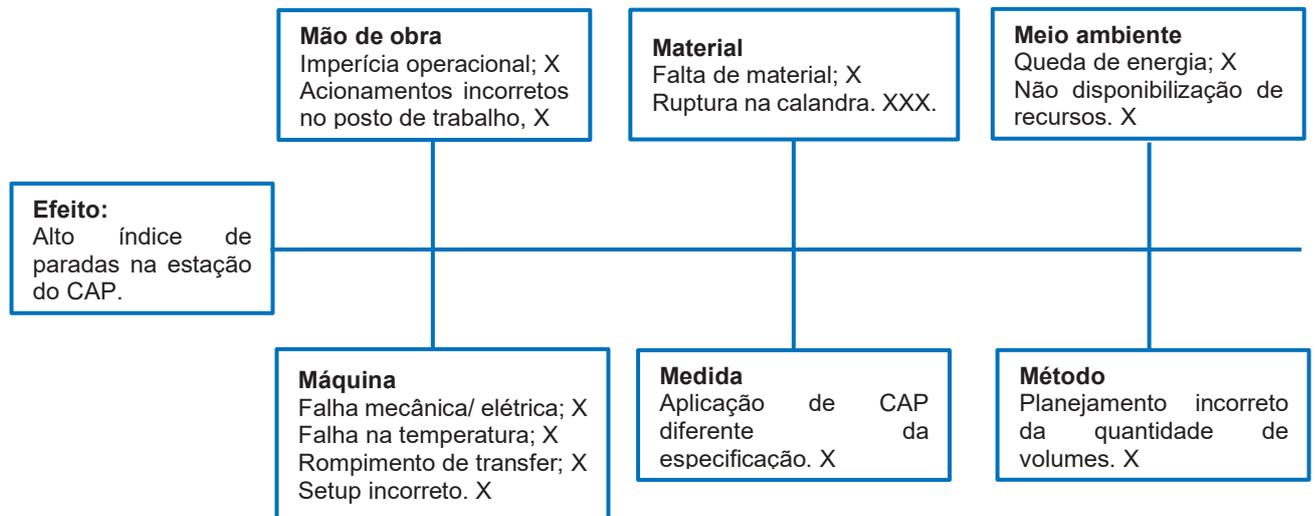
Esta etapa do DMAIC consiste na estratificação do problema, análise de confiabilidade dos dados, comportamento dos indicadores e validação da meta global. Conforme Werkema (2021) é nesta fase que ocorre a refinação e focalização do problema, atendendo a obtenção de dados e análises dos mesmos.

3.2.1. Estratificação e comportamento dos indicadores

A fabricante de pneus estudada já fazia a coleta do loss de máquina parada desde 2020. Estes dados são contabilizados de forma automática a partir da verificação da própria máquina via sensores sobre o não funcionamento da mesma, informando assim o tempo de parada até o próximo acionamento. O operador do equipamento apenas informa no sistema o motivo da parada, para assim realizar análise e estratificação dos dados. A partir desta informação e da constância dos dados informados, conclui-se confiabilidade dos mesmos.

Após analisar os maiores loss na linha de montagem de pneus, Fig. 4, e definir que a maioria das paradas são resultados da falha de material proveniente do processo de mixing, foi realizado o Diagrama de Ishikawa, Fig. 5, para melhorar estratificar o problema.

Figura 5: Ishikawa.



Fonte: dos autores (2023).

A partir da Fig. 5 observa-se que a causa responsável pelo efeito de alto índice de paradas na estação CAP é relacionada ao material e ruptura na calandra. A partir disso foi estratificado de forma temporal o indicador de tempo perdido (loss) por mês de material arrebatando na calandra, Fig. 4.

Na Fig. 4 nota-se crescimento do loss durante 2020 e 2021, exceto nos meses de ápice da pandemia de COVID-19, e necessidade de redução do mesmo para benefício da empresa.

3.2.2. Comprovação da meta global

Após a definição da meta global de redução de paradas na etapa de montagem do material rompendo na calandra em 25.000 minutos por ano, foi verificado após a aplicação da melhoria o ganho de tempo no ano de 2022, Fig. 6.

Figura 6: Ganho de tempo 2022 comparado a 2021.



Fonte: dos autores (2023).

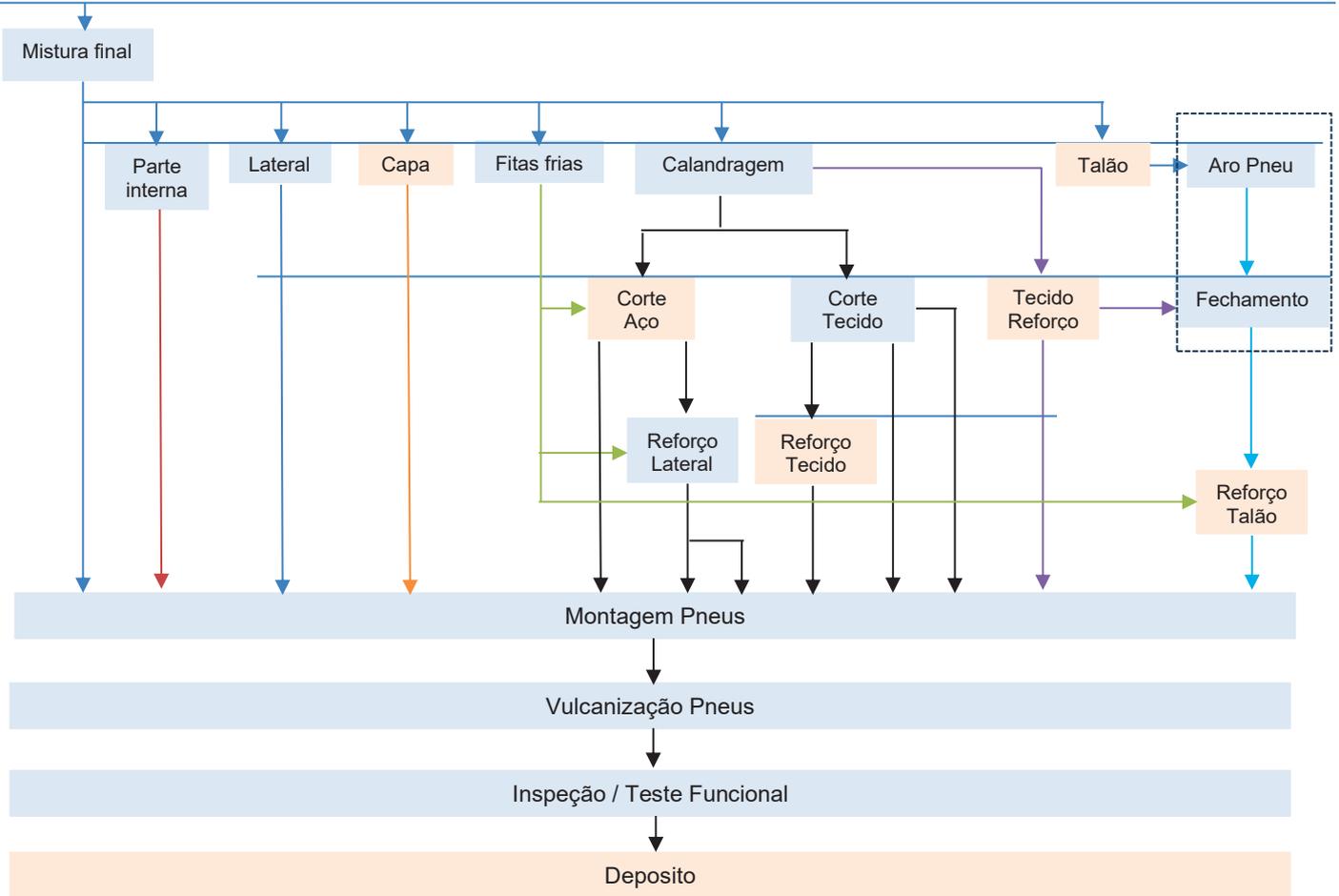
A redução do número de paradas, Fig. 6, resultou em um ganho médio de 3.185 min/mês. Resultando em um ganho total de 38.221 minutos por ano, superando então a meta global já no primeiro ano de testes (2022).

3.3. Fase Analisar

A etapa de análise consiste em explorar o principal problema identificado: alto índice de paradas na linha de montagem. O objetivo é identificar as principais causas desse problema.

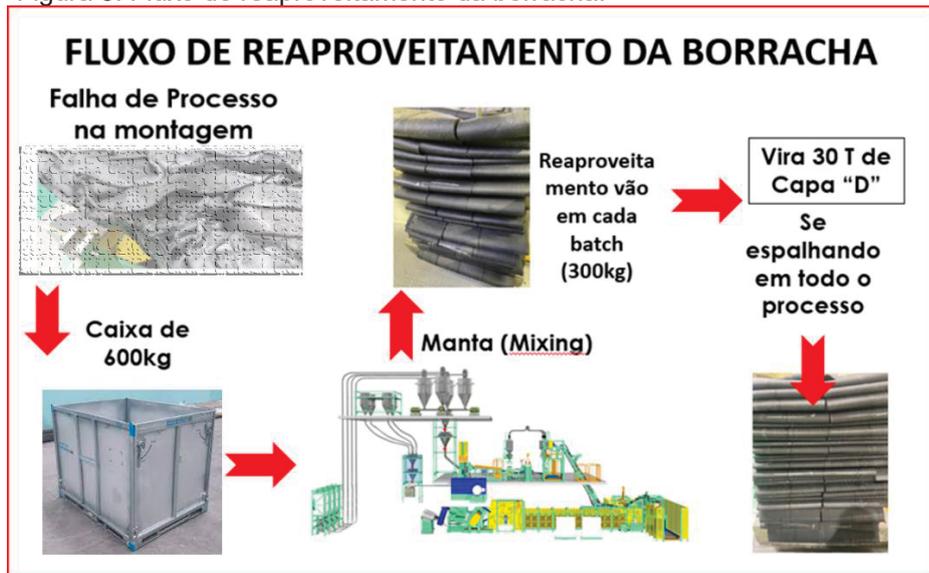
Visando a compreensão do processo de fabricação de pneus, foi criado um mapa do mesmo, Fig. 7, a fim de observar de forma ampla suas etapas. Foi também analisado o fluxo de reaproveitamento da borracha, Fig. 8, que acaba se tornando matéria prima no processo.

Figura 7: Mapa de processo fabricação de pneus.



Fonte: dos autores (2023).

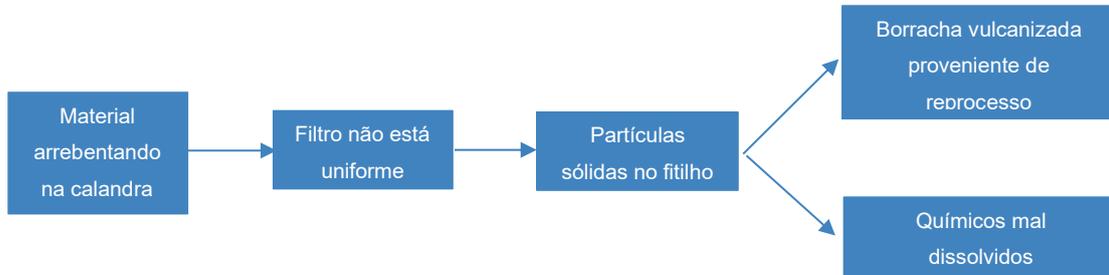
Figura 8: Fluxo de reaproveitamento da borracha.



Fonte: dos autores (2023).

A partir da observação do processo como um todo, foi criado um mapa de causas, Fig. 9, para que fossem encontradas as raízes da causa principal que foi apontada no Ishikawa, Fig. 5.

Figura 9: Mapa de causas.



Fonte: dos autores (2023).

Foram encontradas duas principais causas, sendo elas a borracha vulcanizada proveniente de reprocesso e os químicos mal dissolvidos, ambas causam “corpos” no fitilho de borracha que ao passar pela calandra acaba se rompendo pela irregularidade de seu material. Com o uso da Matriz GUT os problemas foram priorizados com base em sua gravidade, urgência e tendência, Tab. 1.

Tabela 1: Matriz GUT.

		Gravidade	Urgência	Tendência	GxUxT	Priorização
1	Borracha vulcanizada proveniente de reprocesso	5	3	2	30	1
2	Químicos mal dissolvidos	3	3	2	18	2

Fonte: dos autores (2023).

Ao falar sobre os químicos mal dissolvidos, entende-se que as substâncias químicas que não foram completamente dissolvidas durante o seu processo de fabricação, podem gerar dificuldades na montagem, tais como:

- Aspecto visual do produto;
- Rompimento do fitilho;

No caso da borracha vulcanizada proveniente de reprocesso, embora não seja um material reciclável, é possível reaproveitá-la a partir da recuperação de seus resíduos. Esse processo de reciclagem geralmente envolve a trituração dos resíduos de borracha vulcanizada em pequenos fragmentos, que são então misturados com

aditivos e submetidos a processos de moldagem e vulcanização novamente. Entretanto, o produto gerado no reprocesso pode apresentar uma série de problemas, que variam dependendo do processo, da qualidade dos resíduos de borracha vulcanizada e dos cuidados tomados durante o reprocessamento. Para mitigar esses problemas, é necessário implementar práticas adequadas de reciclagem e reprocessamento, realizar testes de qualidade, controlar a qualidade dos resíduos de borracha vulcanizada utilizados e garantir a conformidade com as normas e regulamentos.

3.4. Fase Melhorar

A etapa melhorar, é o momento de propor soluções para cada causa determinada na fase anterior, avaliando e implementando ações para a redução de paradas na linha de montagem de pneus.

Ao identificar as soluções prioritárias e testá-las, obtêm-se dados estatísticos para avaliação do alcance da meta. Com a meta alcançada, elabora-se um plano de ação para a implementação das soluções e seguir para a próxima etapa de controle.

As contramedidas às causas principais determinadas na fase analisar foram elencadas e implementadas conforme o plano de ação explicitado na Fig. 10.

Figura 10: Plano de ação 5W2H.

Nº	O que?	Quem?	Onde?	Por quê?	Quando?	Como?	Quanto?
1	Definir padrão de material que pode ser retornado no Misturador	Departamento Técnico	Linhas de montagem e misturadores	Falta de padronização do material que pode retornar	Dez/21	Realizando testes de ST nos materiais amostras de retorno	R\$ 2.000,000
2	Preparar material para divulgação e treinamento com todos operadores sobre novo padrão	Staff produção	Salas de treinamentos Produção	Padronizar o treinamento dos operadores	Jan/22	Utilizar material produzido pelo departamento técnico	R\$ 1.000,00
3	Realizar treinamento com todos os operadores sobre novo padrão de retorno	Líderes de produção	Salas de treinamentos Produção	Para que os operadores saibam o que pode e não retornar ao misturador	Fev/22	Utilizar material produzido pelo departamento técnico	R\$ 15.000,00
4	Realizar análise de empedramento da matéria prima	Departamento qualidade	Salas de químicos	Buscar químicos empedradas nas embalagens	Dez/21	Analisando matérias primas no recebimento	R\$ 3.000,00
5	Padronização do funcionamento das salas de químicos	Departamento Técnico dos misturadores	Salas de químicos	Para evitar acionamentos incorretos que podem compactar material	Fev/22	Utilizar material produzido pelo departamento técnico	R\$ 2.000,000
6	Realizar limpezas periódicas nas canaletas das salas de químicos	Manutenção	Salas de químicos	Para evitar empacamento de químicos antigos	Fev/22	Utilizando ferramentas convencionais	R\$ 2.000,000

Fonte: dos autores (2023).

As ações que foram definidas estavam relacionadas a matéria prima, a máquina, ao processo de reaproveitamento e ao treinamento da mão de obra. O departamento técnico realizou a padronização dos materiais que poderiam ser reaproveitados na linha de mistura, conforme Fig. 11. Reforçando que os materiais com “FM” que significa corpo estranho, devem ser descartados. As figuras apresentadas a seguir estão desfocadas por motivo de segurança industrial.

Figura 11: Padronização do material reaproveitado.

PADRÃO: O QUE NÃO DEVE SER RETORNADO?

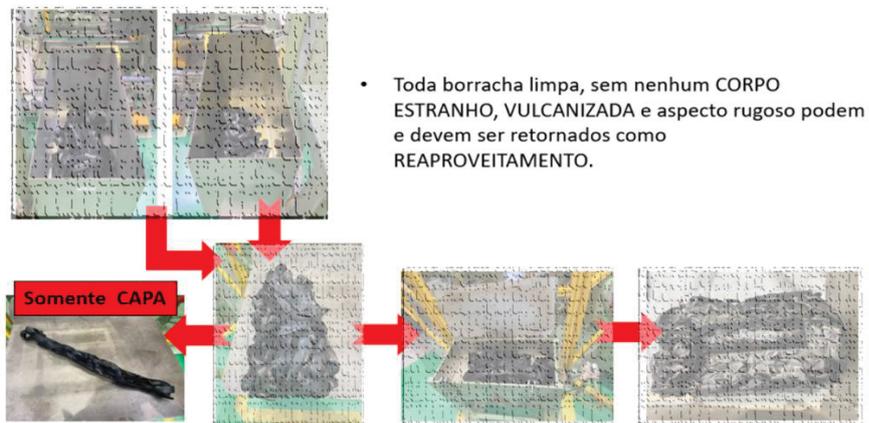


Fonte: dos autores (2023).

Através da definição do padrão de material que pode retornar ao misturador, os líderes da produção elaboraram material de divulgação, Fig. 12, e treinamento para todos os colaboradores. Esta conscientização e capacitação reforçou aos colaboradores que toda borracha sem nenhum corpo estranho pode ser reaproveitada, enfatizando a importância e a consequência do correto reaproveitamento no fluxo contínuo do processo de mistura, reduzindo as falhas no misturador por matéria prima inapropriada.

Figura 12: Material de capacitação para padrão de material reaproveitado.

TREINAMENTO: O QUE PODE SER RETORNADO?



Fonte: dos autores (2023).

Figura 13: Capacitação e conscientização.

TREINAMENTO DE QUALIDADE



Positivo

- Melhora na performance de maquina (Ciclo)
- Melhores resultados
- Redução de Scrap
- Composto em paletes com melhor QUALIDADE

IMPACTO?

Negativo

- Redução no ciclo
- Aumento nos indicadores de Scrap (KPI)
- Cobrança por resultados
- Aumento na Fadiga
- Retrabalho



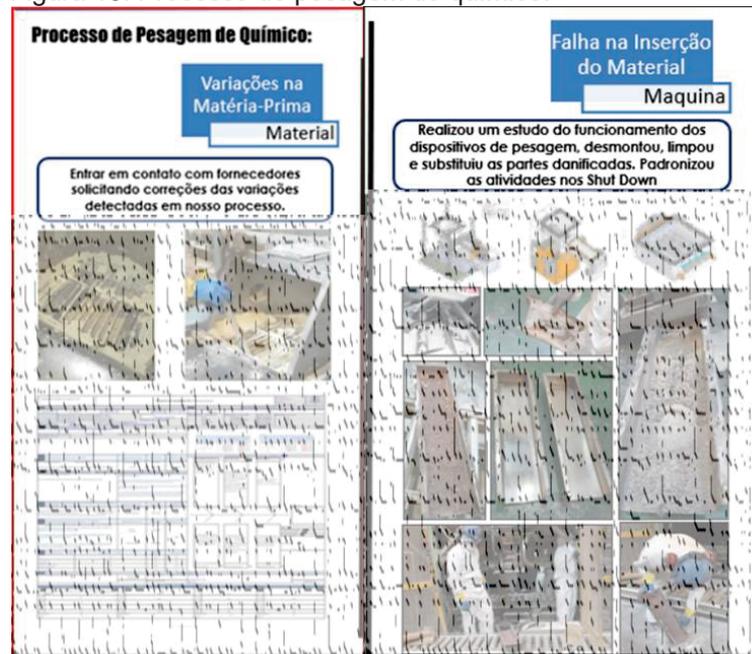
Fonte: dos autores (2023).

Figura 14: Treinamento aplicado.



Fonte: dos autores (2023).

Figura 15: Processo de pesagem do químico.



Fonte: dos Autores (2023).

3.5. Fase Controlar

A meta do projeto objetivava reduzir em até 20% o tempo de parada na etapa de montagem devido ao material rompendo na calandra quando comparado ao ano de 2021. Em 2022 o loss foi de 91.541 min, 30% inferior ao ocorrido no ano anterior. Já nos primeiros seis meses de 2023 o loss foi de 51.795 min, 20% inferior ao mesmo período de 2021.

Considerando que valor médio de venda de um pneu aro 13" é R\$ 300,00, e conhecendo o tempo de produção do mesmo e a redução de paradas no setor de montagem que formavam um gargalo na produção e foram reduzidos durante o projeto aqui apresentado, sabe-se que a produção de pneus aumentou em 47.854 unidades

durante os anos de 2022 e 2023 resultando em um ganho de faturamento de R\$14.356.297,67. Estimando que a fabricante de pneus possui lucro de 10% sobre seu faturamento, o projeto gerou então R\$1.435.629,77.

Após analisado o atingimento da meta global e retorno financeira, a empresa estudada deu continuidade aos treinamentos apresentados nas Fig. 12, Fig. 13, Fig. 14 e Fig. 15. O monitoramento continuou a ser realizado periodicamente a partir dos tempos de paradas coletados de forma automática pelos próprios equipamentos, e continuou a ser empregado na fabricante de pneus a cultura de melhorias, resultando ganho financeiro, aprendizado e melhoria de processos.

4. CONCLUSÕES

O trabalho possuiu o objetivo de apresentar uma melhoria financeira a partir da redução do número de paradas na linha de montagem em uma fabricante de pneus, utilizando para isso a fundamentação Seis Sigma e a metodologia DMAIC.

Utilizando as ferramentas de qualidade e estatísticas presentes na metodologia DMAIC foi abordado o SIPOC para melhor compreender o processo e organização da etapa de montagem. Após a coleta e análise dos dados sobre loss foi realizado o Diagrama de Pareto, a partir dele compreendemos os problemas prioritários e validamos os dados históricos do mesmo. Após esta análise definimos a meta global em reduzir em 20% o tempo de parada do material na calandra, o qual resultaria em um ganho de lucro de 700 mil reais para a fabricante de pneus aqui estudada.

Após melhor compreender o processo de fabricação de pneus via mapa de processo, Fig. 7, e analisar as causas principais apontada no Ishikawa, Fig. 5, os problemas foram priorizados pela Matriz GUT, Tab. 1, e realizado treinamentos dentro da empresa para esclarecer e validar as ações tomadas.

Conclui-se que após toda a aplicação da metodologia DMAIC durante os anos de 2022 e 2023 a meta pré-definida foi atingida com sucesso, resultando em 2022 em uma redução de 30% no número de paradas quando comparado a 2021, ganho de aproximadamente R\$1.066.656,74, e uma redução nos primeiros seis meses de 2023 de 20% quando comparado ao mesmo período de 2021, maior lucratividade de R\$368.973,02. Comprovando que além da metodologia aplicada o treinamento constante da equipe apresentou resultados na meta global. Estimativamente concluiu-se um ganho financeiro de R\$1.435.629,77 na lucratividade da fabricante de pneus.

4.1. Sugestões de trabalhos futuros

Durante a análise e discussão dos resultados e dados do projeto ficaram alguns questionamentos que não puderam ser confirmados neste trabalho, pois acabavam saindo fora do escopo determinado pela equipe, mas que serviram para apontar sugestões para a continuidade dos estudos. Essas sugestões são listadas na sequência:

- Análise aprofundada da composição química do fitilho fornecido pela etapa de *mixing*;
- Análise de algum possível teste físico para os fitilhos, que identificasse as irregularidades prevenindo sua entrada na calandra e já os direcionando para reprocesso;
- Análise de teste para a matéria a ser reprocessada, avaliando os níveis de pré-vulcanização ocorridos e aceitação da temperatura no processo de mistura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEZERRA, Taynara. et al. Aplicação das ferramentas da qualidade para diagnóstico de melhorias numa empresa de comércio de materiais elétricos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXII, 2012. **Desenvolvimento Sustentável e Responsabilidade Social: As Contribuições da Engenharia de Produção**, Rio Grande do Sul, 2012. P. 2-4.

PALADINI, Edson. et al. **Gestão da qualidade: teoria e casos**. Ed. 2. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda., 2012. P. 138 - 140.

RAMOS, Fabricia. et al. Gestão de projetos através do DMAIC. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXIV, 2014. **Engenharia de produção, infraestrutura e desenvolvimento sustentável: a Agenda Brasil +10**, Paraná, 2014. P. 7.

RECHULSKI, Denise.; CARVALHO, Marly. **Programas de qualidade seis sigma: características distintivas do modelo DMAIC e DFSS. 2003. 20 p.** Produção em Iniciação Científica da Escola Politécnica da USP, PIC-EPUSP, n. 2, 2004.

RODRIGUES, Marcus. **Entendendo, aprendendo e desenvolvendo qualidade padrão seis sigma**. Ed. 2. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda., 2014. P. 5 - 67.

SELEME, Robson. et al. Seis Sigma no Brasil: uma revisão bibliométrica da literatura. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXVI, 2016. **Contribuições da engenharia de produção para melhores práticas de gestão e modernização do Brasil**, Paraíba, 2016. P. 5 - 6.

SILVA, Fernanda. et al. O papel das ferramentas da qualidade na gestão das organizações. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, XVIII, 2021, Centro Universitário Dom Bosco do Rio de Janeiro. **XVIII SEGeT**, Rio de Janeiro, 2021. P. 4.

TEIXEIRA, Ana. **Mapeamento de processos: teoria e caso ilustrativo**. 2013. 22 p. Tese – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

WERKEMA, Cristina. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas**. Ed. 1. Rio de Janeiro: Grupo Editorial Nacional, 2021.

WERKEMA, Cristina. **DFLSS – Design for Lean Six Sigma**. Ed. 2. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.