

## UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA REDUÇÃO DE TEMPO DE *SETUP* EM LINHA DE RETÍFICA EM FÁBRICA DE ROLAMENTOS

Diego da Silva Santos<sup>1</sup>  
Isabela Martins Silva<sup>2</sup>  
Jéssica de Sousa<sup>3</sup>  
Sandra Helena da Silva de Santis<sup>4</sup>  
Samuel Fernandes Nunes<sup>5</sup>

**RESUMO:** Este estudo aborda a redução de tempo de *setup* em uma empresa fabricante de rolamentos, utilizando a metodologia DMAIC. Sabendo que o tempo de *setup* é definido pela qualidade, uma vez que ao ultrapassá-lo são necessários realizar estudos para identificação de sua causa raiz e eliminá-la para o atendimento do plano de produção. Contudo, o objetivo deste trabalho é estudar os principais motivos que causaram o aumento do tempo de *setup* de uma linha de retífica que causou o não atendimento do plano da produção. Como método escolheu-se o DMAIC, ferramentas da qualidade como diagrama de Pareto, diagrama de causa e efeito, e plano de execução do *setup*. Os resultados demonstraram que com o plano de execução, o tempo de *setup* diminuiu e atingiu o esperado, não ultrapassando o tempo estabelecido pela norma da qualidade da empresa. Concluiu-se que os planos de ação foram efetivos e geraram resultados positivos em relação ao cenário anterior.

7364

**Palavras-chave:** Tempo de *setup*. DMAIC. Ferramentas da qualidade.

**ABSTRACT:** This study approach the reduction of setup time in a bearing manufacturing company using the DMAIC methodology. Knowing that setup time is quality-defined, as exceeding it requires studies to identify its root cause and eliminate it to meet the production plan. However, the aim of this work is to study the main reasons that caused the increase in setup time for a grinding line, leading to the failure to meet the production plan. The DMAIC method was chosen, along with quality tools such as Pareto diagram, cause-and-effect diagram, and setup execution plan. The results showed that with the execution plan, setup time decreased and reached the expected level, not exceeding the time established by the company's quality standard. It was concluded that the action plans were effective and generated positive results compared to the previous scenario.

**Keywords:** Setup time. DMAIC. Quality tools.

<sup>1</sup>Tecnologia de Gestão da Produção Industrial. Faculdade de Tecnologia Ferraz de Vasconcelos. [r](#)

<sup>2</sup>Tecnologia de Gestão da Produção Industrial. Faculdade de Tecnologia Ferraz de Vasconcelos. [r](#)

<sup>3</sup>Tecnologia de Gestão da Produção Industrial. Faculdade de Tecnologia Ferraz de Vasconcelos. [r](#)

<sup>4</sup>Mestre em Ciências/Materiais e processos-Universidade de São Paulo-USP, Faculdade de Tecnologia Ferraz de Vasconcelos.

<sup>5</sup> Mestre em Tecnologia Nuclear - IPEN / US. Faculdade de Tecnologia Ferraz de Vasconcelos.

## 1 INTRODUÇÃO

O conceito de *setup* é o tempo de parada da produção para que as máquinas da fábrica sejam ajustadas, esse tempo de intervalo entre a última peça boa da produção anterior e a primeira peça boa da próxima produção é considerado tempo de *setup* (BRANCO; SILVA; 2019, pg. 773).

Este trabalho visa responder a seguinte questão: Por que o tempo padrão de *setup* que é estabelecido pela gestão da qualidade da empresa não está sendo atendido pela linha 4 da fábrica de rolamentos?

Em virtude desse questionamento, o presente artigo possui a finalidade de definir a causa raiz e verificar mudanças de tempo na linha de retífica que apresentou baixo desempenho, para atender o que já foi estabelecido, além de analisar os dados e reconhecer sua causa raiz. A metodologia de pesquisa se trata de um estudo de caso e para atingir o objetivo de pesquisa, a metodologia escolhida foi a DMAIC (Definir, Mensurar, Analisar, Implementar e Controlar). A fábrica escolhida, possui nove retíficas e todas passam pelo processo de *setup* quando o produto é trocado, porém a linha 4 ultrapassou em todos os *setups* programados no mês de setembro de 2023 e devido os tempos de *setup* ficarem elevados na linha, cerca de 100% a mais da meta estabelecida, gerou impacto na entrega do produto ao cliente e o não atendimento da programação definida, uma vez que a causa raiz é conhecida através da aplicação das ferramentas da qualidade, é possível eliminá-las, o atendimento da produção retorna e o processo é reestabelecido.

7365

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para melhor compreensão do objetivo deste trabalho, são explanados sobre ferramentas da qualidade, sendo elas: DMAIC, Ishikawa, Pareto.

De acordo com Santos e Casagrande (2021) nas tomadas de decisão de processo produtivo, são necessárias as ferramentas da qualidade, que são instrumentos que auxiliam de forma estratégica os principais pontos de melhorias, que permitem fornecer dados e identificar problemas e prevenção de defeitos, isso pode ser visualizado na ferramenta DMAIC.

### 2.1 DMAIC

De acordo com Bugor e Filho (2021) o DMAIC é uma ferramenta de gerenciamento de projeto que visa melhoria contínua, dividida em cinco etapas, sendo elas e suas respectivas definições:

1. **Define:** significa definir, se trata da primeira etapa onde é definido qual é o problema e a equipe do projeto.
2. **Measure:** tem sentido de mensurar ou medir, se trata da segunda etapa no qual se determinam as suas variáveis, para coleta de dados.
3. **Analyze:** quer dizer analisar, se trata da terceira etapa, onde os dados que foram obtidos na fase de medir, são analisados e priorizados, identificando a causa raiz do problema definido.
4. **Improve:** que em sua tradução significa implementar, nesta fase após identificado as causas raízes, busca-se otimizá-las e implementá-las no processo através de um plano de ação.
5. **Control:** traduzindo do inglês, possui sentido de controlar, fase no qual se monitora as melhorias implementadas para que se mantenha um padrão.

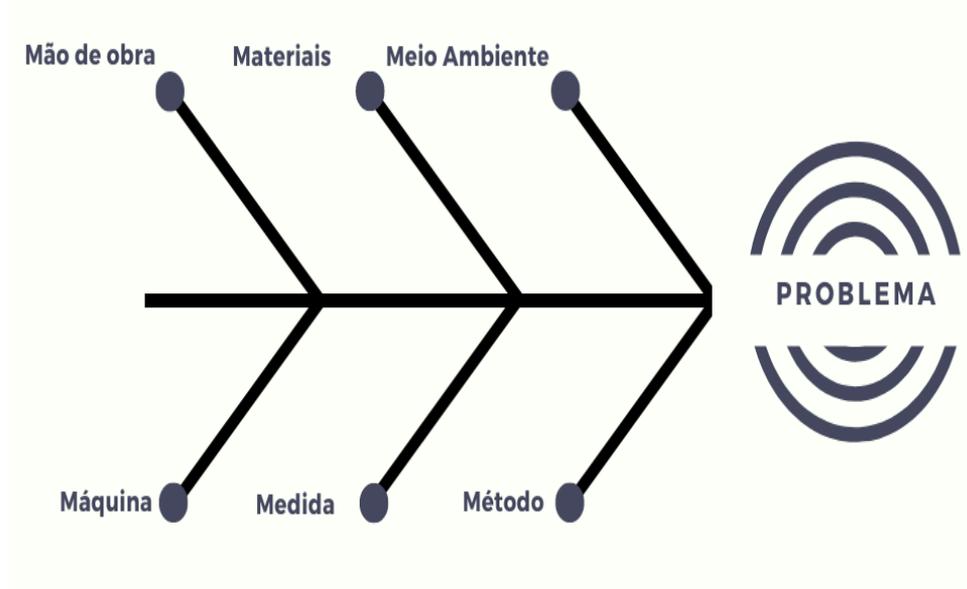
Com as etapas do DMAIC definidas, para analisar a causa raiz do problema foi selecionada a ferramenta de Diagrama de Ishikawa.

## 2.2 Diagrama de Ishikawa

Segundo Miguel (2006) a ferramenta conhecida também como “Diagrama Espinha de Peixe” devido sua forma (Figura 1), se trata de uma ferramenta da qualidade que de forma visual e gráfica busca representar fatores de influência, que nada mais são que suas causas referente ao seu efeito, ou determinado problema e discorre sobre suas possíveis causas que são registradas, levando em consideração que o diagrama divide as causas em “6M’s” que seriam: mão-de-obra, método, matéria-prima, medida e meio-ambiente, com o diagrama definido é possível avaliar sua causa raiz e traçar plano de execução para a sua correção.

7366

**Figura 1** - Diagrama Ishikawa (Diagrama Espinha de peixe)



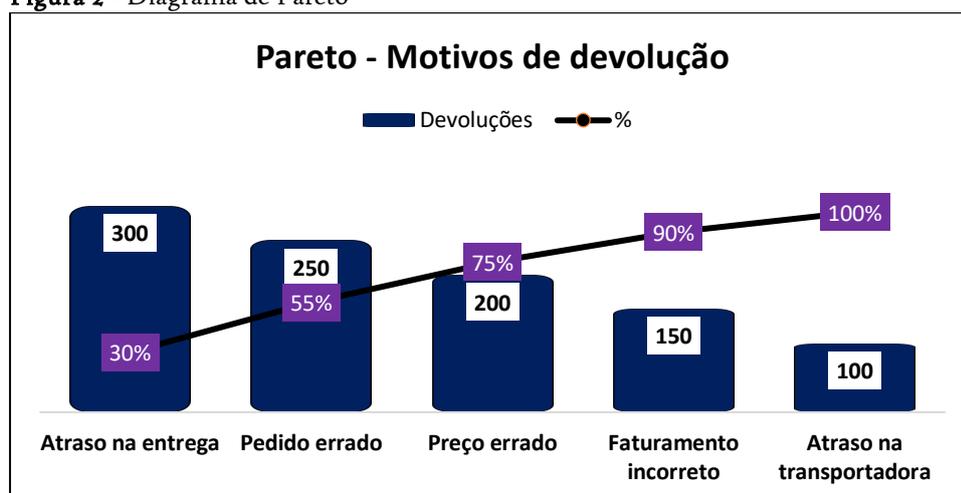
Fonte: Autor, 2024.

Desta forma, para compreender os maiores problemas da organização, selecionou-se a ferramenta de Pareto.

### 2.3 Pareto

Segundo Lucinda (2010) Diagrama de Pareto é um gráfico simples de barras conforme demonstrado na Figura 2, que relaciona em seu eixo Y a ocorrência de um problema, e no eixo X classifica e organiza dos maiores problemas para os menores, e no eixo Z a porcentagem correspondente daquele problema. No exemplo da Figura 2 é possível visualizar um Gráfico de Pareto aplicado a uma empresa e os motivos das devoluções de produtos

Figura 2 - Diagrama de Pareto



Fonte: Autor, 2024.

A figura 1 exemplifica o conceito do Pareto, é perceptível que o maior motivo de devolução seria o de atraso na entrega, representando 30% do total. O segundo maior problema seria o de pedido errado, que representa 25% do total, somando com a porcentagem do primeiro motivo, totaliza 55%, e assim sucessivamente. Ou seja, os problemas de atraso na entrega e de pedido errados representam 55% dos motivos das devoluções dos clientes, sendo assim, necessário traçar plano de ação para solução dos problemas de maiores impactos.

A vantagem de utilizar o Gráfico de Pareto é o direcionamento que o gráfico fornece e onde deve-se focar os esforços de melhorias, após a solução do primeiro problema, o segundo se torna o principal, prioriza-se a resolução dos maiores desvios para resultados efetivos de maior

impacto, o Diagrama de Pareto pode ser utilizado em diversas aplicações e áreas, desde a mais simples até a de alta complexidade (SILVA et al., 2019, p. 235)

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em uma fábrica de rolamentos do alto Tietê com aproximadamente 1500 colaboradores, no período de setembro de 2023 a outubro de 2023.

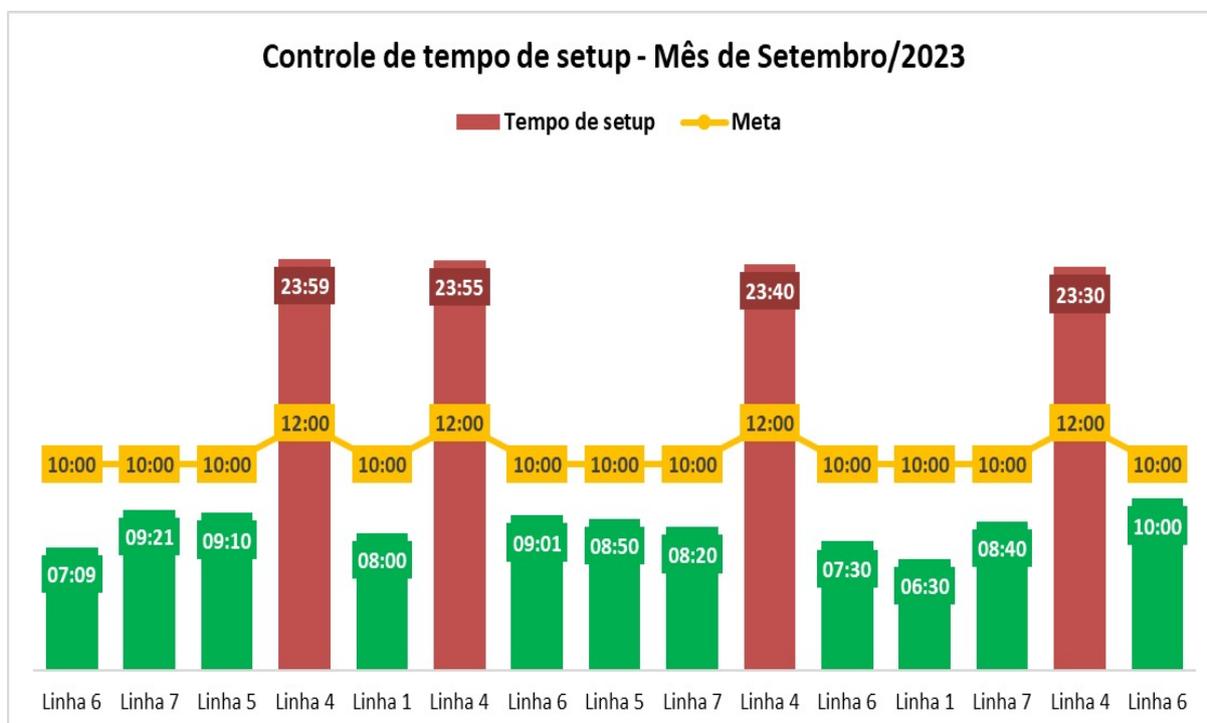
A metodologia de pesquisa utilizada para este trabalho é estudo de caso em que verificou-se o fenômeno e suas decorrências de forma quantitativa com coleta de dados numéricos de tempos fornecidos pelo sistema de gerenciamento de produção da empresa pesquisada, permitindo a análise do tempo de *setup*.

E por fim, pesquisa bibliográfica, que é realizada com base no levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas através de formatos escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de *websites* (ALVES; OLIVEIRA; SOUSA; 2021; p. 66).

### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira etapa, definiu-se o problema que foi detectado no controle de tempos de *setup* das linhas de retífica, conforme o Gráfico 1:

Gráfico 1 - Controle de tempo de *setup* do mês de setembro



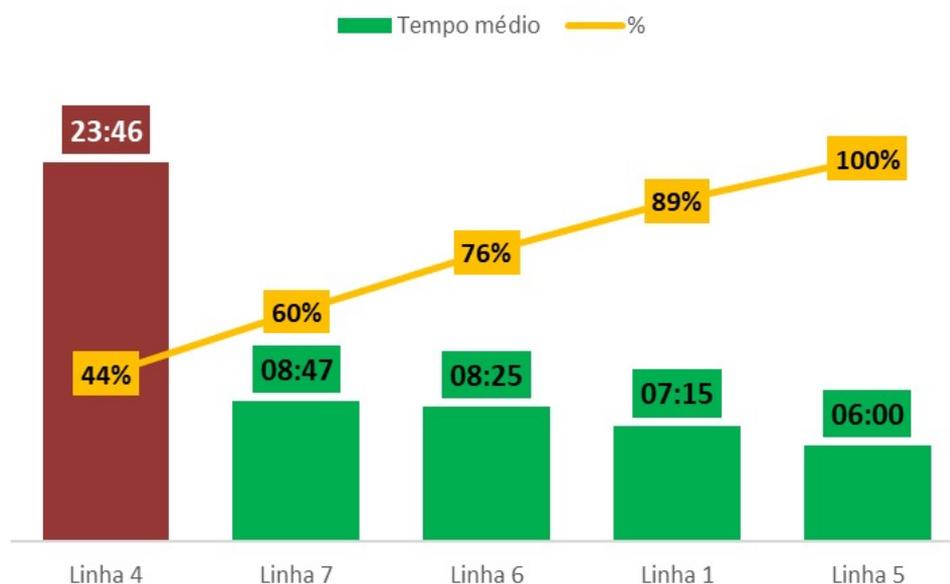
Fonte: Autor, 2024.

O gráfico 1 demonstra os tempos obtidos em cada realização de *setup*. A linha em amarelo indica a meta e as colunas representam os tempos atingidos por cada linha, em vermelho os tempos superiores a meta e em verde inferior à meta.

Neste estágio, notou-se que os picos do gráfico em vermelho são os resultados dos tempos de *setup* da linha 4, todos superiores ao seu tempo estabelecido pela qualidade, comprovando o problema.

Na parte de mensurar, aplicou-se a ferramenta de Pareto, estabelecendo os tempos médios e seu percentual conforme Gráfico 2

**Gráfico 2** - Diagrama de Pareto

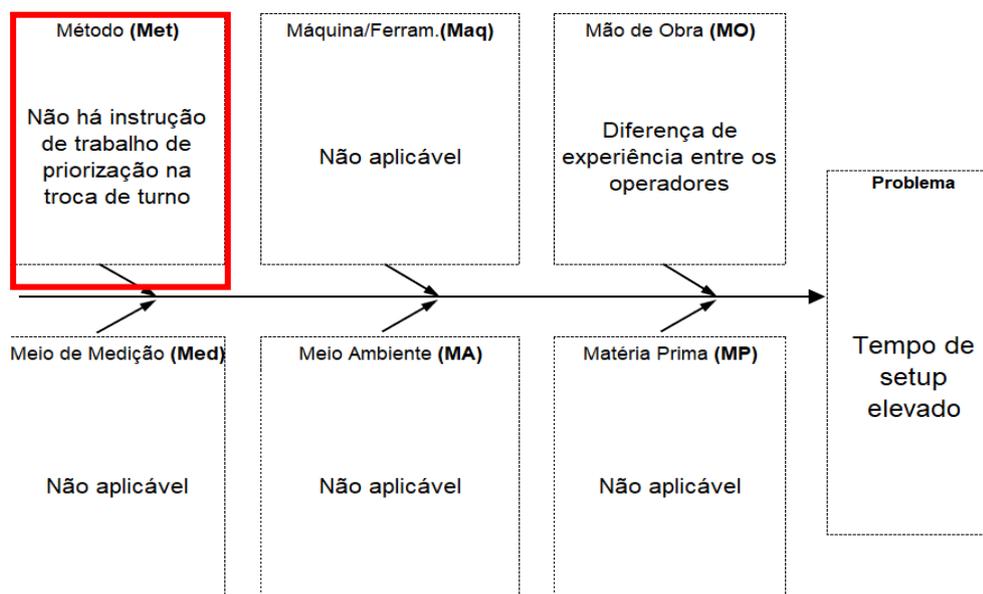


**Fonte:** Autor, 2024.

Representando 44% do tempo médio total de *setups* do mês, em média a linha 4 superou em 11 horas e 46 minutos todos os *setups* realizados no mês, destaca-se como a linha com o pior desempenho em termos de eficiência de ajustes. Este tempo significativamente superior ao padrão estabelecido pela qualidade sugere a necessidade urgente de identificar e corrigir as causas subjacentes.

Na etapa de analisar, utilizou-se a ferramenta de Ishikawa (diagrama de causa e efeito), para que desta forma, fosse identificada a causa raiz no processo, assinalada em vermelho, conforme Figura 3:

Figura 3 – Diagrama de Ishikawa



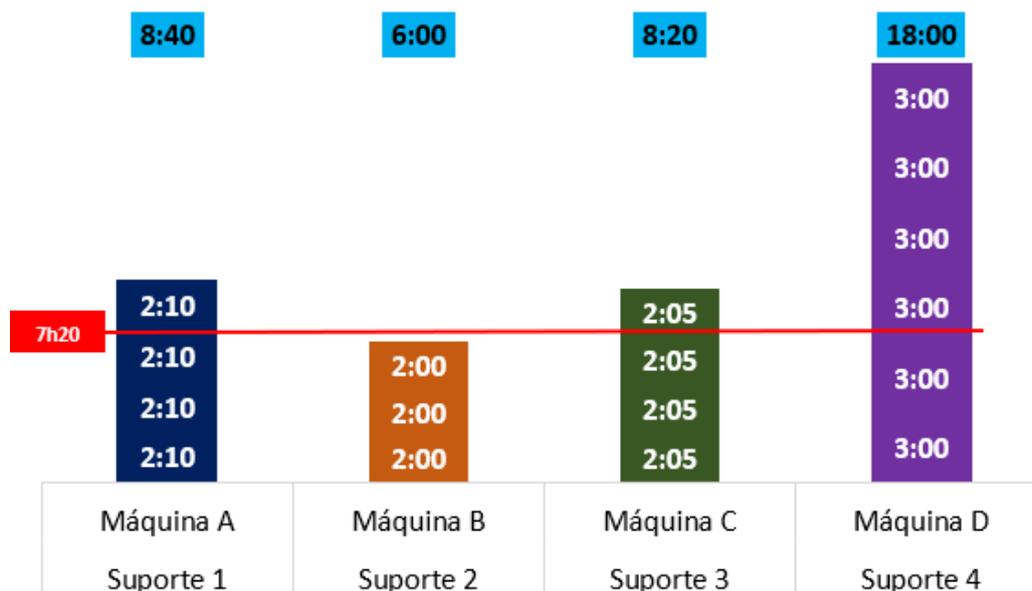
Fonte: Autor, 2024

Foram identificadas as principais causas do excesso de tempo de *setup* na linha, baseando-se nos 6M's (método, máquina, mão-de-obra, meio ambiente, matéria-prima e meios de medição), foram determinadas as seguintes causas: Mão-de-obra, pois a falta de comunicação entre turnos levou a má transferência de conhecimentos; Método: A falta de padronização nos procedimentos de *setup*, levando a grandes variações no tempo de execução e documentação antiga do processo e não condiz com as práticas atuais, considerada neste estudo a causa principal.

Nesta análise, não se aplicou 4M's, sendo eles; máquina; meio de medição; meio ambiente e matéria-prima, pelos seguintes motivos: Máquina não influencia no tempo de troca, uma vez que não houve registros relacionados a quebra ou desgaste da máquina que impedisse a realização da atividade; constatou-se que os meios de medição estavam calibrados, sem danos, e não são interferentes no tempo de realização do *setup*; Meio ambiente não se aplica por não haver fatores externos de impacto nos tempos períodos elevados de tempo de troca, como umidade, baixa iluminação, etc., e por fim, a matéria-prima não é cabível, pois, não há influência no desempenho dos colaboradores.

Na investigação de causa raiz levantou-se os dados de tempo disponível pelo time específico de *setup* com os tempos de *setup* definidos pelo sistema de qualidade de cada máquina conforme Gráfico 3.

Gráfico 3 – Tempo padrão de máquina



Fonte: Autor, 2024.

No gráfico, as máquinas do tipo A estão representadas na cor azul, cada máquina leva 2 horas e 10 minutos para execução do *setup*, totalizando 8 horas e 40 minutos que o suporte 1 necessitaria para concluir as trocas; as máquinas do tipo B estão na cor laranja, como cada máquina leva 2 horas para sua realização, resulta em 6 horas de execução; as máquinas do tipo C estão apresentadas na cor verde, totalizando 8 horas e 20 minutos para conclusão e por fim, as máquinas do tipo D na cor roxa, estão totalizando 18 horas para que o suporte 4 conclua o *setup* da linha.

Na linha 4, existem 17 máquinas, com a seguinte distribuição: quatro máquinas tipo A; três máquinas tipo B; quatro máquinas do tipo C e seis máquinas do tipo D, analisando o Gráfico 3 é perceptível que o suporte de operação 4 está sobrecarregado com os *setups* das máquinas tipo D, além disso, o time especializado para *setup* possui disponibilidade de 7 horas e 20 minutos para realização do *setup* inteiro indicado no gráfico com a linha vermelha, o que ocasiona o *setup* parcial da linha. O turno vespertino por não possuir alinhamento com o matutino, não conclui o *setup* parcial, deixando-o para o dia seguinte, aguardando o time especializado, totalizando 24 horas de tempo de troca.

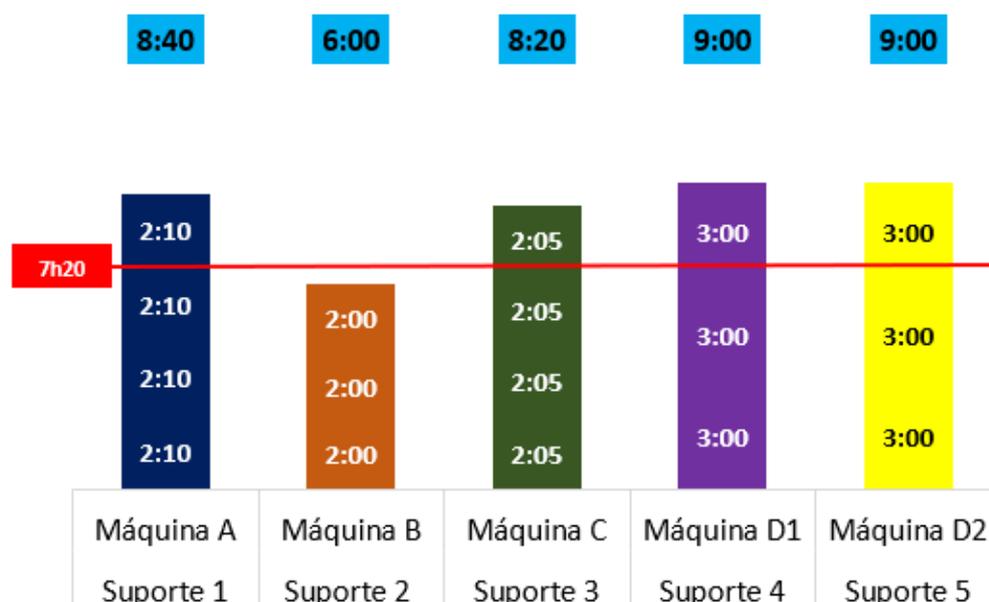
Na etapa de implementar, conhecendo as causas raízes, sendo: falta de método padronizado e falha na comunicação operacional, elaborou-se um plano de execução do *setup*,

este plano define os responsáveis pela realização do *setup*, em qual máquina executará as atividades necessárias e quem substituirá no próximo turno, elaborou-se o plano um dia antes da realização do *setup* da linha 4.

A elaboração do plano possui todas as máquinas da linha 4 e os tempos que foram definidos pelo sistema de gestão da qualidade da fábrica para cada máquina, com os nomes dos responsáveis pelo *setup* em cada uma delas listando os colaboradores suporte de cada turno, que são os responsáveis pelo término do *setup* após a saída do time do primeiro turno. Este plano foi impresso, plastificado, exposto no quadro na produção e apresentado em reunião para os três turnos: matutino, vespertino e noturno.

Realizou-se a redistribuição das máquinas e adicionou-se um suporte para a máquina do modelo D, o novo operador responsável foi treinado para realização da atividade. Conforme o Gráfico 4, a linha vermelha que limita o tempo do time especializado, demonstra que com a nova organização do time, o primeiro turno deixa somente 4 máquinas para conclusão no segundo turno e com o plano de execução de troca estabelecido, a prioridade dos operadores do turno seguinte é a conclusão do *setup*.

Gráfico 4 – Redistribuição das máquinas da linha 4



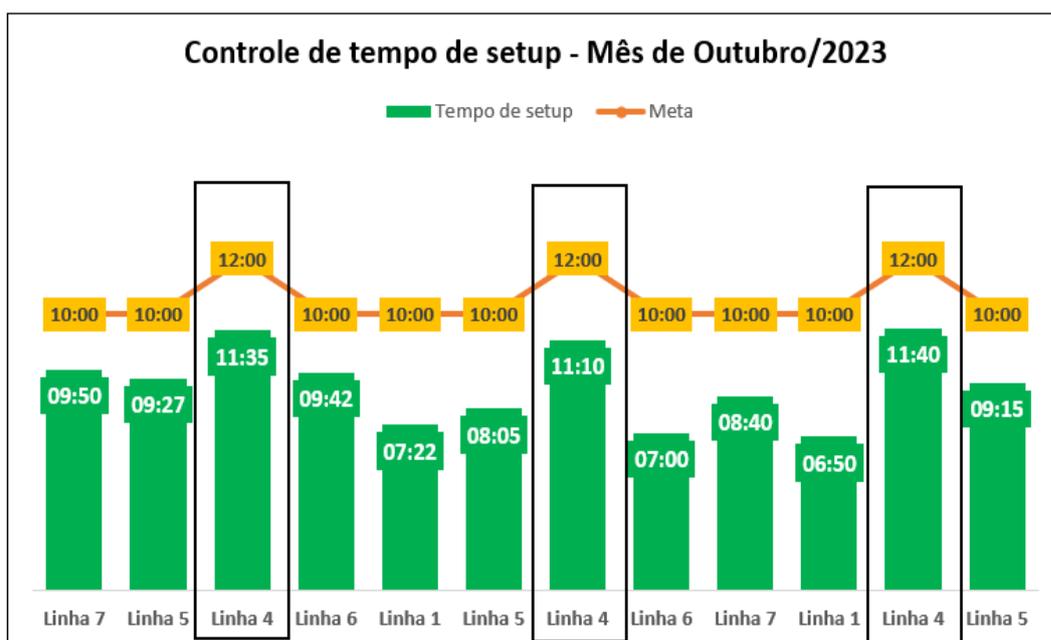
Fonte: Autor, 2024.

Com o plano estabelecido, com a execução do *setup* na linha 4 apresentou tempo inferior ao estabelecido como meta, realizou-se o *setup* após a implementação do plano.

A comparação da distribuição anterior com a atual, é possível notar que anteriormente eram deixadas 6 máquinas incompletas, porém, com o novo suporte, o plano e o método definido, somente 4 máquinas são repassadas para o turno posterior concluí-las. Quando os operadores responsáveis pelo *setup* do segundo turno iniciam, a prioridade é a conclusão das máquinas e assim que liberadas, podem retomar a produção conforme o cronograma, para que a máquina não fique parada até o dia seguinte, com a finalidade de não gerar atrasos com a programação.

Na etapa de controlar, com a validação do plano, elaborou-se o método e a mão-de-obra foi treinada para garantir que os próximos *setups* programados sejam seguidos da mesma forma e que sejam obtidos resultados menores ou iguais a meta estabelecida, conforme Gráfico 5 com os resultados do mês seguinte a implementação do plano de *setup* e treinamento dos colaboradores envolvidos

Gráfico 5 – Resultados do controle de *setup* mês de outubro



Fonte: Autor, 2024.

Com o gráfico obtido, analisou-se que as causas raízes foram identificadas e tratadas, gerando resultados positivos em relação ao tempo de *setup* da linha 4, pois todos os tempos de troca foram abaixo da meta determinada pela qualidade, atendendo a programação da linha no mês de outubro.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise revela diferenças consideráveis no tempo médio de *setup* entre as linhas de retífica na fábrica de rolamentos, o objeto deste estudo. A implementação de estratégias de melhoria contínua, como a metodologia DMAIC, é ideal para identificar as causas raízes dos problemas e permite implementar soluções eficazes, que visam reduzir o tempo de *setup* e otimizar a eficiência operacional.

Este estudo de caso revelou *insights* importantes para a otimização dos processos. A aplicação da metodologia foco DMAIC e outras ferramentas da qualidade (Diagrama de Ishikawa e Pareto) desempenhou um papel fundamental para a identificação das causas raízes dos problemas e na elaboração do plano de ação que envolveu planejamento, método e treinamento.

Inicialmente, o problema foi definido: o tempo de *setup* na linha 4 estava claramente acima do padrão estabelecido pela gestão de qualidade da empresa. Essa discrepância não apenas afetava a eficiência operacional, mas também comprometia a capacidade da empresa de atender suas demandas de produção de maneira ágil e eficaz.

A análise incluindo a aplicação da ferramenta do diagrama de Ishikawa (ou diagrama de causa e efeito), permitiu identificar as principais causas do excesso de tempo de *setup*. A falta de comunicação entre turnos (mão-de-obra), a ausência de padronização nos procedimentos de *setup* (método) emergiu como o principal fator contribuinte.

Com ênfase nessas conclusões, foram propostas soluções específicas. Treinamentos para melhorar a comunicação entre turnos foram implementados, visando a transferência eficiente de conhecimentos. A revisão e padronização dos procedimentos de *setup* foram realizadas, reduzindo as variações no tempo de execução do *setup*.

Por fim, a busca contínua pela melhoria é fundamental para o sucesso todas as organizações e a aplicação rigorosa das ferramentas da qualidade em conjunto a uma análise criteriosa foram essenciais para alcançar os objetivos, as ações implementadas resultaram em uma redução significativa do tempo de *setup* na linha 4, aumentando a eficiência operacional e o contentamento do cliente.

## REFERÊNCIAS

ALVES, Laís Hilário; OLIVEIRA, Guilherme Saramago; SOUSA, Angélica Silva de A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos. 2021. **A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos**. Cadernos da Fucamp, v.20, n.43, p.66. Disponível em: <<https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/cadernos/article/download/2336/1441>> - Acesso em 01 de outubro de 2024.

BRANCO, José Ceron; SILVA, Eduardo Pereira. **Aplicação da metodologia SMED para redução no tempo de setup na produção de embalagens cartonadas.** 2019. *Revista Eletrônica Produção & Engenharia*, 9(2), 771-789. Disponível em < <https://periodicos.ufjf.br/index.php/producaoengineharia/article/view/29512>.> - Acesso em: 9 de abril de 2024.

BUGOR, F.; LUCCA FILHO, J. . de. **Utilização da metodologia DMAIC para promover melhorias na qualidade em indústrias alimentícias: uma revisão de literatura.** 2021. *Revista Interface Tecnológica*, Vol. 18, n. 2, p. 724-733. Disponível em: <<https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/1280>> - Acesso em: 9 de abril de 2024.

DALFOVO, Michael Samir; LANA, Rogério Adilson; SILVEIRA, Amélia. **Métodos quantitativos e qualitativos: um resgate teórico.** 2008 *Revista Interdisciplinar Científica Aplicada*, Blumenau, v.2, n.4, p.01-13.

MIGUEL, P.A.C. **Qualidade: enfoques e ferramentas..** 1 ed. São Paulo: Artliber, 2006.

LUCINDA, Marco Antônio. **Qualidade: Fundamentos e práticas para cursos de graduação.** Rio de Janeiro: Bradspport, 2010

SANTOS, Danilo Fernandes; CASAGRANDE, Diego José. **Ferramentas da qualidade com ênfase em carta de controle.** 2021. *Revista Interface Tecnológica*, Vol. 18, n. 2, p. 784-795. Disponível em: <<https://revista.fatectq.edu.br>> - Acesso em: 9 de abril de 2024.

SILVA, Sergio Barbosa; ARAUJO, Pedro Vitor Goes; SANTOS, Paulo Franklin Tavares; BARRETO, Lara Camila Costa; CARNEIRO NETO, José Aprígio. **Diagrama de Pareto: verificação da ferramenta de qualidade por patentes.** 2019. *Anais do XI Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe*, p. 235. Disponível em <<https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/12564/2/DiagramaParetoVerificacao.pdf>> - Acesso em: 1 de outubro de 2024.