

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
ENGENHARIA MECÂNICA

LUCAS MASAKAZU INOUE

**ESTUDO DA APLICAÇÃO DA MANUFATURA ENXUTA PARA A
ELIMINAÇÃO DE DESPERDÍCIOS EM UMA FÁBRICA DE
TUBULAÇÕES DE PROCESSO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LONDRINA

2021

LUCAS MASAKAZU INOUE

**ESTUDO DA APLICAÇÃO DA MANUFATURA ENXUTA PARA A
ELIMINAÇÃO DE DESPERDÍCIOS EM UMA FÁBRICA DE
TUBULAÇÕES DE PROCESSO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, do Departamento de Engenharia Mecânica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Haroldo Lhou Hasegawa

LONDRINA

2021



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Ponta Grossa

Nome da Diretoria
Nome da Coordenação
Nome do Curso



TERMO DE APROVAÇÃO

**ESTUDO DA APLICAÇÃO DA MANUFATURA ENXUTA PARA A ELIMINAÇÃO DE
DESPERDÍCIOS EM UMA FÁBRICA DE TUBULAÇÕES DE PROCESSO**

por

LUCAS MASAKAZU INOUE

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 17 de outubro de 2021 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Haroldo Lhou Hasegawa
Prof. Orientador

Prof. Dr. Amadeu Lombardi Neto
Membro titular

Prof. Dr. Roger Nabeyama Michels
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, aos meus pais por todo o ensinamento, dedicação, confiança, apoio e amor ao longo desta jornada.

Agradeço aos meus irmãos, Fernanda e Bruno, pelas palavras de incentivo e companheirismo.

Agradeço aos meus tios por todo o ensinamento e ajuda ao longo de minha juventude.

Agradeço aos meus avós e antepassados por todos valores ensinados ao longo das gerações

Agradeço aos meus colegas de turma pelo companheirismo ao longo das jornadas de estudos.

Agradeço ao Prof. Dr. Haroldo Hasegawa pela paciência e dedicação durante a orientação deste trabalho.

Agradeço a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) por toda a estrutura e corpo docente disponível para a formação profissional.

Não será possível citar o nome de todos, mas deixo meu profundo agradecimento a todos aqueles que de alguma forma contribuíram com a minha formação profissional.

RESUMO

INOUE, L. I. **Estudo da aplicação da Manufatura Enxuta para a eliminação de desperdícios em uma fábrica de tubulações de processo.** 2021. 45. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2021.

A exigência dos clientes por produtos de maior qualidade, confiabilidade e baixo custo, juntamente com o fenômeno da globalização e competitividade de mercado fizeram com que diversas ferramentas e métodos de gestão fossem criadas. Deste modo, por meio de uma pesquisa aplicada, que resultou num estudo de caso com coleta de dados através de entrevistas semiestruturadas, o trabalho apresenta propostas de melhorias para eliminação dos quatro principais desperdícios da fabricação de tubulações de processo através da implementação dos conceitos da Manufatura Enxuta em uma empresa localizada na região norte do Paraná. Ao longo do desenvolvimento do estudo, aplicou-se as ferramentas Ciclo PDCA, Matriz GUT, Diagrama de Ishikawa e Matriz 5W2H. Como principais resultados esperados com a aplicação das propostas destacam-se: economia de R\$90.000,00 ao realizar o tagueamento em obra; liberação de 15% do espaço produtivo com a eliminação de estoque de produtos acabados; redução de R\$26.000,00 com a adequação do processo de identificação dos produtos; e redução de 93,75% do tempo gasto com a atividade de controle de produção.

Palavras-chave: Ciclo PDCA. Matriz GUT. 5W2H. Diagrama de Ishikawa. *Just in Time.*

ABSTRACT

INOUE, L. I. **Study of the application of Lean manufacturing for the elimination of waste in a process piping factory**. 2021. 45. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Federal Technology University – Paraná. Londrina, 2021.

The demand of customers for products of higher quality, reliability and low cost, with the phenomenon of globalization and market competitiveness, has resulted in many management tools and methods. Thus, through an applied research, which resulted in a case study with data collection through semi-structured changes, the work presents proposals for improvements to eliminate the four main wastes from the manufacturing of process pipes through the implementation of the Lean Manufacturing concepts in a company located in the northern region of Paraná. Throughout the development of the study, the PDCA Cycle, GUT Matrix, Ishikawa Diagram and 5W2H Matrix tools were applied. As main expected results with the application of the proposals, the following stand out: savings of R\$ 90,000.00 when carrying out tagging on site; release of 15% of the production space with elimination of finished goods inventory; reduction of R\$ 26,000.00 with the adequacy of the product identification process; and 93.75% reduction in time spent on production control activity.

Keywords: PDCA Cycle. GUT Matrix. 5W2H. Ishikawa Diagram. *Just in Time*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Roteiro metodológico	25
Figura 2 - Diagrama de Ishikawa para desperdício no taggingamento	31
Figura 3 - Diagrama de Ishikawa para o estoque de produtos acabados	32
Figura 4 - Diagrama de Ishikawa para retrabalho na identificação dos produtos	33
Figura 5 - Diagrama de Ishikawa para desperdício no procedimento de controle de fabricação	35

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Ferramentas da Manufatura Enxuta.....	20
Quadro 2 - Aspectos de priorização para Matriz GUT.....	22
Quadro 3 - Exemplo de aplicação da Matriz GUT.....	22
Quadro 4 - Matriz 5W2H.....	24
Quadro 5 - Problemas no processo de fabricação.....	29
Quadro 6 - Priorização dos problemas: Matriz GUT.....	30
Quadro 7 - Plano de ação para tagueamento.....	36
Quadro 8 - Plano de ação para estoque de produtos acabados.....	37
Quadro 9 - Plano de ação para o retrabalho na identificação - Proposta 1.....	37
Quadro 10 - Plano de ação para o retrabalho na identificação - Proposta 2.....	38
Quadro 11 - Plano de ação para o controle de fabricação.....	39

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

3M – *Muri, Mura e Muda*

5S – *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke*

6M - Método, mão de obra, meio ambiente, matéria-prima, máquinas e medidas

ETA – Estação de Tratamento de Água

ETAC – Estação de Tratamento de Água de Caldeira

ETE – Estação de Tratamento de Efluentes

IMVP – Programa Internacional de Veículos Automotores (*International Motor Vehicle Program*)

JIT – *Just in Time*

LP – Produção Enxuta (*Lean Production*)

ME – Manufatura Enxuta

MIT – Instituto de Tecnologia de Massachussets (*Massachusetts Institute of Technology*)

PE – Produção Enxuta

SMED – *Single Minute Exchange of Die*

STP – Sistema Toyota de Produção

TI – Tecnologias da Informação

TPM –Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance*)

VSM - *Value Stream Mapping*

WIP - *Work In Process*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 OBJETIVO	11
1.2 JUSTIFICATIVA	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 MANUFATURA ENXUTA.....	14
2.1.1 Princípios e conceitos da Manufatura Enxuta	15
2.1.2 Ferramentas da Manufatura Enxuta	18
2.2 FERRAMENTAS DA QUALIDADE	20
2.2.1 Diagrama de Causa e Efeito	20
2.2.2 Matriz GUT.....	21
2.2.3 Ciclo PDCA	22
2.2.4 Ferramenta 5H2H	23
2.3 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	24
2.4 OBJETO DE ESTUDO	24
2.5 IMPLEMENTAÇÃO DO ESTUDO.....	25
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
3.1 COMPREENSÃO DO PROCESSO PRODUTIVO	27
3.2 IDENTIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS	29
3.3 PRIORIZAÇÃO DOS PROBLEMAS	30
3.4 ESTUDO DOS PROBLEMAS PRIORIZADOS	31
3.4.1 Desperdício no tagueamento	31
3.4.2 Estoque de produtos acabados	32
3.4.3 Retrabalho na identificação dos produtos	33
3.4.4 Desperdício no procedimento de controle de produção.....	34
3.5 PROPOSTA DE MELHORIA	35
3.5.1 Proposta para o processo de tagueamento	35
3.5.2 Proposta para a eliminação de estoque de produtos acabados	36
3.5.3 Proposta para o processo de identificação dos produtos	37
3.5.4 Proposta para o procedimento de controle de fabricação.....	38
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
5 ESTUDOS FUTUROS	42
REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

A exigência por parte dos clientes de produtos de maior qualidade e confiabilidade faz com que a busca por processos e ferramentas de gestão de produção sejam criadas e aprimoradas. Assim, após a Segunda Guerra Mundial, a Toyota, passando por um cenário de limitação de recursos, buscou reduzir, incessantemente, os desperdícios e fazer cada vez mais com menos para conseguir competir com as gigantes montadoras de automóveis do Ocidente e Europa.

De acordo com Jacob, Bergland e Cox (2010), com a globalização e aumento da competitividade de mercado, surgiram diversas propostas de métodos de gestão. Aquelas que possuíram êxito em sua aplicação e perduram até os dias atuais são as que tiveram como base filosofias robustas, podendo-se destacar o Sistema Toyota de Produção e a Produção Enxuta.

A partir de um estudo realizado para identificar as melhores práticas e técnicas utilizadas nas principais fabricantes de automóveis, os pesquisadores se depararam com o Sistema Toyota de Produção, que possuía práticas ainda não nomeadas. Foi, então, que Womack, Jones e Roos publicaram, em 1990, o livro “*The Machine That Changed the World*”, popularizando o conceito de *Lean Manufacturing* (Manufatura Enxuta), que trouxe à tona as práticas utilizadas pela fabricante japonesa e que garantiram vantagem competitiva apesar de seu tamanho e capacidade reduzida, além de permitir a empresa ganhar mais fatia de mercado com produtos de maior confiabilidade que seus pares de mercado. Com o grande sucesso das práticas da Manufatura Enxuta, diversas indústrias buscam aplicar estes conceitos e ferramentas para obter resultados operacionais mais expressivos.

Contudo nos últimos 20 anos a relação entre empresas e clientes mudou, de forma que atualmente uma empresa que possui bons produtos não necessariamente terá garantia de sucesso no mercado, tal condição se deu principalmente ao maior acesso de informações (via mídias digitais) e também pela diferenciação no atendimento pós venda, percepção ambiental, além da maior percepção da relação entre custo benefício dos produtos e serviços. Dentro deste contexto a manufatura enxuta se mostrou ainda mais importante, uma vez que este conceito foi levado a um novo patamar no início da década de 2010 pela adoção do conceito de Indústria 4.0 liderado por empresas alemãs, o que mostra a importância de o conceito da manufatura enxuta para empresas continuarem a atuar de forma atual e competitiva.

O trabalho realizado apresenta a importância e pontos que podem ser melhorados com a implementação dos conceitos de manufatura enxuta para a fabricação de tubulações de processo em uma empresa localizada na região norte do Paraná. A fabricação, com falta de padronização de processos, muitas atividades desnecessárias e que não agregavam valor ao produto, excesso de retrabalho, falta de planejamento e controle de produção, fez com que a empresa ofertasse muitos produtos baixa de qualidade e constante problemas com os prazos de entrega.

Neste cenário, o estudo objetivou encontrar propostas de melhorias por meio de planos de ações para a eliminação ou redução dos principais desperdícios a fim de tornar a empresa mais competitiva. Para isto, aplicou-se estudos teóricos para identificar os problemas, as respectivas causas e propor soluções para futuras aplicações.

O trabalho inicia com a contextualização do tema, seguido dos objetivos, justificativa e a revisão bibliográfica dos principais assuntos abordados. Posteriormente são explanados os procedimentos metodológicos adotados, as discussões e resultados decorrentes do estudo.

1.1 OBJETIVO

O presente trabalho teve como objetivo principal identificar os principais desperdícios e problemas ocorridos na fabricação de tubulações e propor soluções com base na da filosofia da Manufatura Enxuta e suas ferramentas para a redução ou eliminação destas perdas.

Ao longo do trabalho, foram desenvolvidos os seguintes objetivos secundários:

- Realizar um estudo sobre Manufatura Enxuta e ferramentas da qualidade;
- Identificar os principais problemas de produção;
- Estudar e priorizar os problemas;
- Elaborar propostas de melhorias para os principais problemas.

1.2 JUSTIFICATIVA

As mudanças econômicas ocorridas ao longo dos anos têm mudado as bases da produtividade e competitividade na produção fabril. Fatores como qualidade e confiabilidade do produto, flexibilidade e agilidade no atendimento das demandas de mercado são as novas dimensões do sucesso empresarial. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2018). Deste modo, para obter maiores vantagens competitivas, as empresas estudam seus processos e operações internas em busca de oportunidades de melhorias (CORRÊA; CORRÊA, 2019).

Com base nesta premissa, foi realizado um estudo envolvendo uma análise na fabricação de tubulações em uma empresa localizada na região norte do Paraná, onde foi notada a existência de um excesso de atividades que não agregam valor, como: retrabalhos, desperdícios de movimentação e de recursos, falta de padronização de processos, insatisfação do cliente, somados a inexistência de controle de matéria-prima e estoque. Estes fatores, além de grandes desafios, se apresentam como grandes oportunidades de melhorias para a aplicação da filosofia da Manufatura Enxuta e suas ferramentas, de modo a eliminar os desperdícios, reduzir retrabalhos e custos de produção.

A aplicação da filosofia da Manufatura Enxuta, segundo Shingo (1996), Womack e Jones (1994), promove aumento da eficiência da produção ao se realizar mais com menos recursos. Ainda, segundo Macedo (2013), a Manufatura Enxuta contempla ferramentas que garantem vantagem competitiva. Dentre estas vantagens, de acordo com Slack (1993), podem ser citadas: confiabilidade de processos; qualidade nos produtos; velocidade de entrega; flexibilidade e redução custos de produção.

A avaliação dos problemas ocorridos em toda a cadeia produtiva e a sugestão de aplicação de métodos e ferramentas da Manufatura Enxuta para a diminuição das perdas produtivas e aumento da eficiência operacional da empresa estudada se apresentam como a principal contribuição deste trabalho.

Assim, a implementação pode aprimorar grande parte destes problemas enfrentados, com a fabricação de produtos de maior qualidade, melhor controle sobre as atividades e recursos, que permite um remanejamento adequado da mão de obra, desenvolvimento dos envolvidos em toda a cadeia produtiva sobre a Manufatura Enxuta e, de suma importância, redução de custos de fabricação.

Com estas melhorias, benefícios podem ser aplicados na empresa, com destaque no aumento de suas margens de lucro, tornando-a mais competitiva, e, para os seus *stakeholder* (cliente final, trabalhadores de atuação direta no processo de manufatura e fornecedores de matéria-prima).

Apesar de ter sido avaliado apenas o processo de fabricação de uma única empresa, este estudo pode ser replicado ou usado como base para a resolução de problemas em outros processos de manufatura.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MANUFATURA ENXUTA

A Manufatura Enxuta (ME), no inglês *Lean Manufacturing*, também conhecida como Produção Enxuta (PE), foi apresentada por Jhon Krafcik na publicação do artigo “*Triumph of the Lean Production System*”, resultado de pesquisas realizadas no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), através do programa denominado IMVP (*International Motor Vehicle Program* – Programa Internacional de Veículos Automotores), cujo objetivo era realizar estudos sobre as melhores técnicas e práticas de produção aplicadas mundialmente, e, definir um sistema de produção ágil, flexível a demanda, eficiente e inovador.

Este estudo foi importante para a origem do livro “*The machine that changed the world*” – A máquina que mudou o mundo (em tradução livre), publicado em 1990 com autoria de James P. Womack, Daniel T. Jones e Daniel Roos, onde os autores rebatizaram o “Sistema Toyota de Produção” (STP) de Taiichi Ono e Shigeo Shingo como “Manufatura Enxuta”. O livro ainda apresentou a vantagem desta filosofia para a maior competitividade, lucratividade e agilidade na produção perante as demais fabricantes de automóveis da época.

Para Ohno (1997), a ideia básica da manufatura enxuta é reduzir custos eliminando desperdícios e elementos desnecessários que não agregam valor ao processo ou ao produto, produzindo as quantidades requeridas apenas no momento necessário e utilizando-se dos materiais e equipamentos de modo racional.

Dentro desta temática, Shinohara (1988), a filosofia da Manufatura Enxuta baseia-se em buscar aplicar tecnologias de produção eficazes, reduzindo a quantidade de equipamentos, mão-de-obra, defeitos, unidades intermediárias e *lead-time*, onde o defeito é denominado como todo e qualquer elemento que não atenda aos requisitos de qualidade, preço e prazo determinado pelo cliente, portanto o ponto chave da aplicação desta filosofia é baseado na premissa que a eliminação dos desperdícios deve ser esforço de todas as pessoas de todos os departamentos da empresa.

2.1.1 Princípios e conceitos da Manufatura Enxuta

Para que a implantação da filosofia da Manufatura Enxuta seja eficaz, Womack, Jones e Roos (1990), apresentam os cinco princípios do *Lean Thinking* (Pensamento Enxuto), que podem ser aplicados a todos os setores da empresa.

- Valor - compreender o significado de valor para o cliente final e o que ele está disposto a pagar;
- Fluxo de valor - identificar, ao longo da cadeia produtiva, quais etapas são necessárias e agregam valor ao produto final;
- Fluxo contínuo - estabelecer fluxo ordenado e constante das etapas que geram valor ao produto, eliminando, se possível, as atividades que não agregam. Para isto, o foco deve estar nas necessidades dos produtos.
- Produção puxada – iniciar a produção na quantidade solicitada e apenas quando houver o pedido do cliente;
- Perfeição – buscar incessantemente a melhoria do fluxo de valor por meio da interação dos quatro princípios anteriores e redução de desperdícios.

De acordo com Marchwinski e Shook (2007), as práticas e atividade que geram desperdícios e devem ser eliminadas são denominadas como “os 3 M”:

- Muda – atividades, produtivas ou administrativas, que consomem recursos, mas não agregam valor. Podem ser classificadas como muda tipo 1, que são atividades que não podem ser eliminadas imediatamente e muda tipo 2, que podem ser eliminadas rapidamente aplicando o conceito de *Kaizen*;
- Mura – alteração ou distúrbio no processo, causado por ritmo irregular de produção, variação na demanda ou inconformidades em operações;
- Muri – sobrecarga de equipamentos e sobrecarga física e/ou mental de operadores, devido a uma exigência produtiva aquém do que estes são capazes de produzir.

Para identificar os desperdícios e gerar valor para o cliente, é necessário ter conhecimento sobre os tipos de atividades que ocorrem em uma organização

(OKIMURA, 2013). Segundo Hines e Taylor (2000), as atividades que compõem este processo de transformação e agregação de valor são divididas em três grupos:

- Atividades que agregam valor – são as atividades que modificam a matéria-prima, produtos inacabados, ou serviços, e, aos olhos do cliente final, adicionam valor;
- Atividades que não agregam valor – atividades que não adicionam valor ao produto final e, tampouco, são necessárias. Estas são classificadas como desperdícios e devem ser eliminadas;
- Atividades necessárias, mas que não agregam valor – aquelas que não acrescentam valor ao produto final, mas são necessárias para o bom funcionamento de toda a cadeia produtiva.

Ainda para Hines e Taylor (2000), em um processo produtivo, o tempo despendido com atividades que agregam valor representa, em média, 5% do total, sendo 95% de atividades que não agregam valor (35% de atividades desnecessárias e 60% atividades fundamentais).

Por outro lado, Hines e Rich (1997) afirmam que as empresas despendem mais esforços no estudo de melhoria nas atividades que geram valor para o cliente do que na eliminação ou redução dos desperdícios e atividades necessárias, mas que não agregam valor ao produto/serviço.

Por final, pode se sumarizar a filosofia da manufatura enxuta conforme aponta os estudos de Shingo (1996), Womack e Jones (1994), Ohno (1988) e Hines e Taylor (2000), onde os autores supracitados afirmam que a filosofia da ME é formada por um conjunto de estratégias que visa identificar e eliminar desperdícios nos processos, produtos e na organização como um todo, com foco na produção diversificada e com poucos recursos, que promove aumento da eficiência da produção ao realizar mais com menos (menos equipamento, menos esforço humano, menos tempo, etc.), fazendo com que os funcionários das empresas passem a absorver tal filosofia de modo que com o tempo passe a incorporar no seu dia a dia buscando sempre a maior eficiência. Dentro deste contexto os desperdícios podem ser classificados como:

- Superprodução – produzir mais que o demandado, gerando estoques não-estratégicos. Pode gerar consumo desnecessário de material, mais espaço para armazenamento dos produtos acabados e maior quantidade de pessoas para o controlá-los. Ainda é considerado o

- desperdício mais difícil de ser eliminado por “mascarar” outras ineficiências de processos, problemas operacionais e administrativos;
- Espera – períodos de ociosidade causado por falta de sincronismo e/ou balanceamento entre os processos de fabricação, gerando acúmulo de material, inatividade de máquinas e ferramentas, *lead-times* maiores, entre outros;
 - Transporte excessivo – movimentos desnecessários de bens ou informações sem agregar valor ao produto final, resultando no aumento de *lead-time*, custo, esforço e desperdícios;
 - Processos inadequados – utilização de procedimentos, ferramentas ou sistemas de baixa eficácia que podem ser oriundos de projetos de pouca qualidade, gerando defeitos e esforços desnecessários;
 - Estoques desnecessários – quantidade superior de material ou produto, intermediário ou acabado, acima do requerido pelo próximo processo ou cliente, resultando em mais esforços para o controle, maior espaço físico e depreciação.
 - Movimentação desnecessária – movimentação de operadores e materiais que não agregam valor. Pode estar relacionado a uma organização ineficiente do local de trabalho;
 - Produtos defeituosos – produtos com especificações de qualidade inferior ao requerido, que pode ser resultado de operações inadequadas ou ineficientes, gerando desperdícios e retrabalhos.

Os desperdícios supracitados, são oriundos das experiências e vivências das décadas de 1970 e 1980. Após os anos de 1990 o mundo vivenciou o fenômeno da globalização somado a um avanço tecnológico de elevado grau, em partes, explicado pela popularização da internet e a maior acessibilidade aos dispositivos de Tecnologias da Informação (TI) e com isto as pessoas passaram a desenvolver novas competências e habilidades, dentro deste contexto, além destes sete desperdícios, Liker (2005) e Muniz (2007) apresentaram o oitavo:

- Conhecimento ou criatividade: perda por não utilizar o conhecimento, criatividade e habilidades dos operadores para a eliminação de desperdícios, implantação de melhorias e inovações.

2.1.2 Ferramentas da Manufatura Enxuta

Conhecendo as atividades que geram desperdícios e o tipo dos desperdícios, é fundamental entender o conceito e a funcionalidade de cada uma das ferramentas e técnicas da ME para a implantação correta e eliminação destes problemas. O Quadro 1, desenvolvido por Okimura (2013), apresenta uma síntese destas várias ferramentas, seguido por uma breve descrição.

Ferramentas	Descrição
<i>Kaizen</i>	É uma palavra japonesa que significa a melhoria contínua de um fluxo completo de valor (sistema) ou de um processo individual, por meio da busca da inovação e evolução, com objetivo de se agregar mais valor para o cliente e eliminar as atividades que não são consideradas desperdícios.
<i>Jus In Time (JIT)</i>	O JIT é um sistema de produção que produz e entrega produtos na quantidade e no tempo necessário. Ele é um dos pilares do Sistema de Produção Toyota. O JIT é auxiliado pelo <i>Heijunka</i> e é formado por três elementos operacionais: o sistema puxado (<i>Kanban</i>), o tempo <i>Takt</i> e o Fluxo Contínuo.
5S	O 5S é um programa que possui cinco elementos que descrevem práticas para melhorar o ambiente de trabalho, sendo eles: 1. <i>Seiri</i> (separação e descarte); 2. <i>Seiton</i> , (organização); 3. <i>Seiso</i> (limpeza); 4. <i>Seiketsu</i> (padronização); 5. <i>Shitsuke</i> (disciplina).
Troca Rápida de Ferramenta	<i>Single Minute Exchange of Die (SMED)</i> é uma técnica para redução do tempo de preparação (<i>setup</i>) de uma máquina. O <i>setup</i> é considerado o tempo gasto para preparar um processo desde a última peça boa do produto anterior até a primeira peça boa do produto seguinte. Esta técnica consiste buscar uma redução dos tempos de troca para um único dígito, ou menos de 10 minutos, separando seus tempos em internos e externos, eliminando os tempos externos e reduzindo os internos.
Tempo <i>Takt</i>	É o tempo disponível para a produção dividido pela demanda do cliente. O tempo <i>takt</i> é quem dita o ritmo de produção de uma linha; é a batida do coração de um sistema LP. O objetivo do tempo <i>takt</i> é alinhar a produção à demanda, com precisão, fornecendo um ritmo ao sistema de produção.
Trabalho Padronizado	É a prática de estabelecer os procedimentos para o trabalho de cada um dos operadores em um processo de produção. Para definir este procedimento é necessário considerar os seguintes elementos da produção enxuta: o tempo <i>takt</i> ; a sequência exata de trabalho de cada operador; e o estoque padrão.
<i>Layout Celular</i>	O <i>layout</i> celular é uma forma de arranjo para alinhar fisicamente os processos na sequência que produzirá o que for solicitado pelo cliente no menor período de tempo, eliminando departamentos e criando células de trabalho agrupadas por produtos e não por processo.

Balanceamento de Trabalho	Para a criação de criação de fluxo contínuo em um processo com múltiplas etapas e múltiplos operadores, a LP utiliza a técnica de balanceamento de trabalho, distribuindo os elementos das tarefas do operador em relação ao tempo <i>takt</i> .
<i>Value Stream Mapping</i> (VSM)	<i>Value Stream Mapping</i> (VSM) na tradução em português Mapeamento do Fluxo de Valor é uma ferramenta simples que auxilia a enxergar e compreender todas as etapas envolvidas nos fluxos de material e informação, necessárias para atender aos clientes, desde o pedido até a entrega. Através desse mapeamento é possível identificar as perdas potenciais do processo (atividades que não agregam valor) e direcionar ações de melhoria para eliminá-las e aumentar as atividades que agregam valor.
Total Productive Maintenance (TPM)	<i>Total Productive Maintenance</i> (TPM) na tradução em português Manutenção Produtiva Total é um método que utiliza uma série de técnicas para garantir que todas as máquinas do processo de produção estejam sempre aptas a realizar suas tarefas. Esta técnica tem por o objetivo maximizar a eficiência dos equipamentos através de manutenções autônomas, preditivas e preventivas. Este conceito está fundamentado na melhoria do uso de técnicas de manutenção aumentando a confiabilidade dos equipamentos e reduzindo os tempos de paradas por quebras ou mau funcionamento.
<i>Kanban</i>	O <i>kanban</i> é um cartão que autoriza e dá instruções para a produção ou para a retirada de itens em um sistema puxado. É um método de controle de produção do sistema JIT, que autoriza a produzir somente o necessário, e quando o cliente solicita (puxa), desta forma elimina-se a produção em excesso e o ressurgimento do material ocorre de acordo com a necessidade do cliente.
Contabilidade <i>Lean</i>	A contabilidade <i>Lean</i> tem como objetivo suportar a empresa como uma estratégia de negócio. Esta técnica é usada para migrar do modelo de contabilidade tradicional para um sistema que motiva a busca por práticas do pensamento enxuto. A contabilidade <i>Lean</i> visa fornecer informações adequadas para o controle e tomada de decisão e prover uma melhor compreensão do valor do cliente e os impactos financeiros das melhorias alcançadas.
Fluxo contínuo	Produzir e movimentar um item por vez (<i>One Piece Flow</i>) ao longo de uma série de etapas de processamento, continuamente e sem espera. Assim, em cada etapa se realiza apenas o que é exigido pela etapa seguinte. Com esta técnica é reduzida a quantidade de material em processamento (WIP – <i>Work InProcess</i>) e a quantidade de materiais não conforme, uma vez que os defeitos são detectados antes de serem transferidos para a etapa do processo seguinte. Com o fluxo contínuo evita-se produzir grandes lotes com risco de serem defeituosos.
<i>Andon</i>	O <i>Andon</i> é um painel que permite o gerenciamento visual, mostrando o estado das operações em uma área e sinaliza quando há qualquer anomalia. O painel pode ser acionado por qualquer membro de uma linha de produção e, ao perceber este sinal, todos devem se envolver para solucionar o problema o mais rápido possível.

<i>Poka Yoke</i> (à prova de erros)	É um sistema prova de defeitos, com inspeção 100% através de controle físico ou mecânico. Os dispositivos ajudam os operadores a evitar erros em seu trabalho, tais como escolha de peça errada, montagem incorreta de uma peça, fabricação invertida, esquecimento de um componente etc.
<i>Jidoka</i> (Autonomação)	<i>Jidoka</i> ou é um dos pilares do Sistema Toyota de Produção. Ele é conhecido também como automação com um toque humano. Seu conceito consiste em capacitar as máquinas e os operadores a habilidade de detectar quando uma anomalia ocorreu e interromper imediatamente o trabalho, evitando assim a geração de não conformidades no processo. Deste modo a qualidade do produto torna-se robusta em cada etapa do processo, separando o homem das máquinas para um trabalho mais eficiente.
<i>Heijunka</i>	<i>Heijunka</i> é uma ferramenta de nivelamento do mix e da quantidade a ser produzida durante um dado período de tempo. Isso permite que a produção atenda a demanda do cliente, evitando o excesso de estoque, reduzindo custos, mão de obra e <i>lead time</i> de produção em todo o fluxo de valor.
5 por quês	É uma técnica para identificação da causa raiz de um problema. Consiste em se perguntar " <i>por quê?</i> " repetidamente sempre que se encontrar um problema, identificando a relação da causa e efeito até chegar à causa raiz do problema.
A3	É um relatório em tamanho de um formato de papel A3, para identificação e análise de problemas, bem como plano de ação para sua tratativa. É uma ferramenta simples e de fácil utilização, fundamentada no ciclo PDCA (<i>Plan, Do, Check and Action</i>) não se limitando apenas à resolução de problemas da produção.

Quadro 1 - Ferramentas da Manufatura Enxuta
Fonte: Adaptado de Okimura (2013)

2.2 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Apesar do processo de implementação da Manufatura Enxuta ser baseado em filosofias e práticas padronizadas, as ferramentas da qualidade como o Diagrama de causa e efeito (Diagrama de Ishikawa) são utilizadas para a abordagem e solução dos problemas em conjunto com outras ferramentas como Matriz GUT, Ciclo PDCA e Matriz 5W2H.

2.2.1 Diagrama de Causa e Efeito

Também conhecido como Diagrama de Ishikawa, esta ferramenta, segundo Maximiano (2000) permite a visualização das possíveis causas e efeitos de um problema e tem como objetivo expor esta relação. Para Werkema (1995), na maioria

das vezes o interesse da aplicação é analisar um problema que necessita ser solucionado através do mapeamento de suas possíveis causas raízes, com a classificação ou separação, de modo a facilitar sua visualização.

A implementação do diagrama de Ishikawa deve se dar início pelo envolvimento dos fatores presentes na fabricação de um produto ou na ocorrência de defeitos. Geralmente, no processo de fabricação estes fatores são classificados em grupos denominados por 6 M (Método, Mão de obra, Meio ambiente, Matéria-Prima, Máquinas e Medidas) e são os responsáveis pela variabilidade dos processos. O mesmo autor apresenta uma explanação sobre as principais causas referentes a cada grupo (ALVAREZ, 2001):

- Método – alteração de tecnologias e mudanças nos processos;
- Mão de obra – alteração da produtividade decorrente de fatores físicos, emocionais e técnicos;
- Meio ambiente – variação de luminosidade, temperatura, umidade, entre outros;
- Matéria-prima – alterações nos materiais e produtos acabados de outros processos;
- Máquinas – variação de energia, desgaste e ajustes;
- Medidas – utilização inadequada de equipamentos e instrumentos descalibrados.

2.2.2 Matriz GUT

A Matriz GUT é uma ferramenta utilizada no gerenciamento para a priorização de problemas ou ações. A principal vantagem está no fato de permitir priorizar, de modo quantitativo, problemas que, a princípio, possuem apenas características qualitativas.

Leal et al (2011) apresenta uma breve descrição dos itens a serem avaliados:

- Gravidade – deve-se analisar as consequências negativas gerado pelo problema;
- Urgência – consiste em analisar o tempo necessário ou disponível para a correção do problema;
- Tendência – analisar o comportamento evolutivo da situação.

A pontuação para cada um dos itens é dada conforme o Quadro 2.

Pontos	G – Gravidade Consequência se nada for feito	U – Urgência Prazo para uma tomada de ação	T – Tendência Proporção do problema no futuro
5	Os prejuízos ou dificuldades são extremamente graves	É necessária uma ação imediata	Se nada for feito o agravamento da situação será imediato
4	Muito grave	Com alguma urgência	Vai piorar a curto prazo
3	Grave	O mais cedo possível	Vai piorar a médio prazo
2	Pouco grave	Pode esperar um pouco	Vai piorar a longo prazo
1	Sem gravidade	Não tem pressa	Não vai piorar ou pode até melhorar

Quadro 2 - Aspectos de priorização para Matriz GUT
Fonte: Adaptado de Baldam, Rozenfeld e Valle (2014); Pereira et al (2015).

Para encontrar os problemas prioritários deve-se multiplicar os valores atribuídos para a gravidade, urgência e tendência e, o maior valor obtido será referente ao item que deve ser solucionado primeiro, uma vez que será o mais sério, urgente e com tendência de piora. (KEPNER; TREGOE, 1981). No Quadro 3 está presente um exemplo de aplicação da ferramenta Matriz GUT.

Processo/Aspecto/Problema	Gravidade	Urgência	Tendência	G x U x T
Problema 1	5	4	3	60
Problema 2	5	3	3	45
Problema 3	5	3	3	45
Problema 4	5	4	2	40

Quadro 3 - Exemplo de aplicação da Matriz GUT
Fonte: elaborado pelo autor a partir de Baldam, Rozenfeld e Valle (2014)

2.2.3 Ciclo PDCA

O Ciclo PDCA (*Plan-Planejar, Do-Executar, Check-Checkar, Act-Agir*) é um método de gestão que tem por objetivo o controle e melhoria contínua dos processos. De acordo com Werkema (1995), é um método gerencial de tomada de decisões utilizado para garantir o atingimento das metas necessárias para a sobrevivência da organização. Também pode ser definido como uma sequência de atividades utilizadas no gerenciamento de práticas da empresa.

Paladini et al. (2012), apresenta uma descrição para cada uma das etapas propostas pelo PDCA:

- Planejamento – é a etapa inicial, onde deve-se, por meio da análise do processo, estabelecer claramente os objetivos, metas, método de execução e o plano de ação;
- Execução – Fase de implementação do plano de ação e coleta dos resultados obtidos;
- Verificação – etapa onde faz-se a análise e comparação dos resultados alcançados com as metas e objetivos determinados na etapa de planejamento;
- Ação – é a etapa final do ciclo. Caso os resultados obtidos na etapa de verificação não atinjam os objetivos e metas estabelecidas, deve-se adotar medidas corretivas e iniciar novamente o ciclo. Caso contrário, faz-se a padronização do processo implementado e o estabelecimento de método de controle.

Conforme Deming (1990), o idealizador do PDCA e considerado um dos principais especialistas do controle de qualidade, todos os processos devem ser continuamente estudados, planejados e a implantação do PDCA deve ser constantemente aplicado para que o processo não estagne e esteja sempre em evolução.

2.2.4 Ferramenta 5H2H

A ferramenta 5W2H foi desenvolvida por profissionais da indústria automobilística japonesa para auxiliar a etapa de planejamento do Ciclo PDCA. De acordo com Beher et al (2008) consiste em uma forma de estruturar o pensamento de forma organizada e materializada antes de implantar alguma solução.

O objetivo é obter as informações essenciais para o plano de ação (Daychoum, 2013). Ainda, segundo Pacheco (2009), a utilização desta ferramenta auxilia nas decisões a serem tomadas para a implementar um plano de melhorias.

A 5W2H, em geral, é utilizada na forma de uma matriz. Com a aplicação desta ferramenta sete questões, conforme o Quadro 4, devem ser respondidas.

5W2H – Plano de Ação	
What (O que)	O problema a ser resolvido
Why (Por que)	Motivos que levaram a executar tal ação para resolução do problema
Where (Onde)	Geralmente são nos ambientes de trabalho como a empresa e setores
When (Quando)	Período de tempo proposto pelo setor, ou por quem irá executar a ação
Who (Quem)	A pessoa responsável que irá executar a ação
How (Como)	Através de métodos estabelecidos pelo aplicador
How much (Quanto)	Custos relacionados a resolução do problema

Quadro 4 - Matriz 5W2H
Fonte: Adaptado Mashall Júnior et al (2010)

2.3 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

O presente trabalho pode ser classificado como de natureza aplicada com uma abordagem qualitativa, com propósito exploratório. O método de pesquisa resultante foi o estudo de caso com a coleta de dados através de entrevistas semiestruturadas e a apresentação de possíveis soluções para as questões levantadas na pesquisa.

De acordo com Gil (2007), a realização de uma abordagem qualitativa em uma pesquisa exploratória com criação de hipóteses de uma problemática permite a interpretação de fenômenos do ambiente estudado. Ainda, segundo Richardson (1999), a abordagem qualitativa trata-se da forma de análise de um problema, ou seja, quais os pontos a serem avaliados, a área de publicação de artigos e as técnicas e problemáticas utilizadas. Este método não faz o uso de ferramentas estatísticas e não enumera categorias. Ainda, os meios de investigação podem ser classificados como pesquisa de campo e pesquisa bibliográfica.

2.4 OBJETO DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado em uma empresa do setor industrial, que fornece soluções de montagem eletromecânica, construção civil, elétrica, automação, climatização, entre outros, localizada na região norte do Paraná contando com um quadro de funcionários de aproximadamente 500 colaboradores.

A área de estudo fonte de informações para este trabalho foi o chão de fábrica, envolvendo o armazenamento de materiais e os processos de fabricação de tubulações, destinadas a Estação de Tratamento de Água (ETA), Estação de Tratamento de Água de Caldeira (ETAC) e Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), de uma fábrica de papel e celulose.

Entende-se por tubulações, um conjunto de tubos e seus diversos acessórios. Este tem por finalidade servir de conduto fechado para o transporte de fluidos. O processo de fabricação de tubulações, de maneira breve e simplificada, envolve as etapas de corte, acoplagem e soldagem de tubos e acessórios. Este processo, quando realizado em *Pipe Shop* (oficina de fabricação de tubulações) geram maior produtividade, qualidade e facilidade para fabricação e inspeção, por conter um ambiente com condições mais favoráveis e controladas se comparado ao ambiente de campo em obra.

O setor de fabricação, sendo extremamente cobrado pela gerência por aumento na produção, comprometeu a qualidade e controle de produção. Atrasos nas entregas dos produtos, excessos de estoques intermediários, retrabalhos, desperdícios, falta de controle e organização de estoque e materiais foram alguns dos problemas encontrados.

2.5 IMPLEMENTAÇÃO DO ESTUDO

A aplicação da pesquisa iniciou-se com a elaboração de um roteiro metodológico, Figura 1, com base no ciclo PDCA. As principais etapas do desenvolvimento foram:

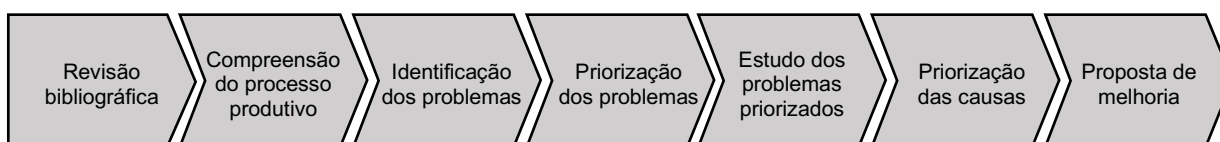


Figura 1 - Roteiro metodológico
Fonte: Autoria própria.

- I. Revisão bibliográfica – pesquisa realizada para o aprofundamento do conhecimento sobre a Manufatura Enxuta, Diagrama de Causa e Efeito, Matriz GUT, Ciclo PDCA e Matriz 5W2H. A pesquisa baseou-se

em artigos com representatividade em citações, dissertações e livros sobre os temas.

- II. Compreensão do processo produtivo – etapa realizada com finalidade de compreender de forma clara os processos de cada etapa da manufatura das tubulações;
- III. Identificação dos problemas – para encontrar os problemas foram realizadas entrevistas semiestruturadas com o representante da empresa cliente, os responsáveis e demais atuantes do processo de fabricação e controle de qualidade;
- IV. Priorização dos problemas – com a listagem dos problemas empregou-se a Matriz GUT para a priorização dos problemas a serem estudados;
- V. Estudo dos problemas priorizados e análise das causas raiz – realizou-se a elaboração do Diagrama de Causa e Efeito para permitir a verificação dos fatores responsáveis pela origem dos problemas dos desperdícios selecionados.
- VI. Proposta de melhorias – por fim, realizou-se um estudo para a escolha, viabilidade e aplicação de ferramentas e conceitos da Manufatura Enxuta. Ainda, a proposta de solução para os problemas contou com a utilização da ferramenta 5W2H para o direcionamento de sua implementação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos através do desenvolvimento do trabalho seguindo a metodologia proposta e a discussão com base nos resultados encontrados.

3.1 COMPREENSÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

O processo de manufatura das tubulações envolve diversas etapas para a fabricação. Dentre as principais pode-se destacar:

- I. Recebimento e armazenagem de material;
- II. Liberação do projeto, materiais e consumíveis;
- III. Transporte de materiais e consumíveis para o local de fabricação;
- IV. Preparo, soldagem e limpeza da junta;
- V. e preparo para expedição.

A primeira etapa a ser estudada é a de recebimento e armazenagem de material, que ocorria sem a verificação dos produtos entregues e sem utilizar um sistema de cadastro de materiais para controle de estoque. O armazenamento era realizado nos pátios da empresa conforme os materiais eram recebidos, sem padronização e alocação estratégica dos itens.

Na segunda etapa, a liberação do projeto da tubulação para fabricação era realizada pelo departamento de controle de qualidade. Ainda, era feito o cadastro das informações presentes em cada um dos projetos de tubulação em uma plataforma digital de um serviço contratado para controle de qualidade. Quando este projeto era entregue ao departamento de fabricação, o cadastro das informações do isométrico era feito em uma planilha de controle de produção. A separação de material ocorria por meio da procura do material ao longo do pátio da empresa.

A terceira etapa envolvia procedimentos logísticos para o transporte de materiais do estoque para o local de fabricação.

Na quarta etapa os colaboradores contratados realizavam a interpretação do projeto e preparo dos tubos e acessórios para o acoplamento das juntas que, posteriormente, seriam soldadas. Nesta etapa diversos processos como, corte a disco, oxicorte para materiais de aço carbono, biselamento e limpeza da superfície

eram necessários. Por fim, realizava-se a união dos componentes por meio do processo de soldagem e, após a finalização da solda, era feita a limpeza através de escovamento manual ou com esmerilhadeira.

Na quinta etapa era realizada a preparação para o transporte dos *spool's* (trechos de uma tubulação) já finalizados para a obra. Dentro desta etapa fazia-se o tagueamento (pintura realizada através de um molde adesivo para identificar da tubulação), etiquetagem dos produtos, transporte para os pontos de expedição e carregamento dos produtos em carretas.

Todo o procedimento de fabricação, desde o recebimento de material até o preparo para expedição envolviam, no gerenciamento e acompanhamento das atividades, treze colaboradores diretos.

- Um coordenador de produção;
- Um coordenador de qualidade
- Dois supervisores de produção;
- Três inspetores de solda;
- E seis auxiliares de produção/qualidade;

Os coordenadores de qualidade e produção eram responsáveis pelo gerenciamento de recursos, materiais, mão de obra, contratações, entre outras atividades.

Os supervisores de produção eram responsáveis por acompanhar todo o processo produtivo, assegurando qualidade nos processos e a correta fabricação dos produtos.

Os inspetores de solda eram responsáveis pela inspeção do acoplamento das juntas, solda e a realização de ensaios por líquido penetrante. Além disto, era responsabilidade destes a verificação e instrução para o armazenamento adequado de consumíveis de solda e aplicação testes avaliativos para qualificação de soldadores.

Os seis auxiliares realizavam atividades distintas: um dos auxiliares era responsável pela impressão de projetos e cadastro das informações na plataforma de qualidade; outro era responsável pela elaboração dos relatórios diários de fabricação e separação de materiais; três eram responsáveis por adicionar as informações dos projetos para a planilha de controle de produção, realizar o acompanhamento da fabricação no chão de fábrica e incorporar a fabricação diária neste controle. Destes

três, um dedicava-se exclusivamente para estas atividades, outro ainda realizava o controle de fabricação de suportes para tubulações, e o terceiro fazia também o acompanhamento e controle de montagem de módulos de *Pipe-Rack's* (estruturas metálicas que comportam internamente um arranjo de tubulações); por último, um dos auxiliares era responsável pelo acompanhamento da pintura das tubulações de aço carbono, tagueamento e expedição.

3.2 IDENTIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS

Os dados foram obtidos por intermédio de entrevistas semiestruturadas com o representante da empresa cliente, os responsáveis e demais atuantes do processo de fabricação e controle de qualidade.

A pauta das entrevistas continha perguntas com o objetivo de encontrar os principais problemas do processo de fabricação de acordo com a percepção do entrevistado. Importante salientar que por questões de sigilo não é possível identificar os entrevistados.

No quadro 2 estão listados os principais problemas.

Nº	Problema
1	Tempo excessivo na separação de material para fabricação e procura de itens não presentes em estoque.
2	Tempo excessivo e espera para o transporte de materiais e produtos entre as etapas de fabricação.
3	Uso excessivo de espaço físico para armazenamento de matéria-prima.
4	Ocupação física e gastos desnecessários com controle de estoque de produtos acabados.
5	Desperdício de tempo, materiais e mão de obra com atividade desnecessária: tagueamento.
6	Retrabalho na identificação dos <i>spool's</i> .
7	Desperdício de consumíveis: disco de corte, escova rotativa, argônio, vareta de metal de adição, eletrodo de tungstênio.
8	Inconformidade com projeto: divergência dimensional, material, orientação, pintura.
9	Desordem e falta de limpeza.
10	Pintura de baixa qualidade e consumo elevado de tintas.
11	Processo inadequado: adição de informações das juntas em planilha de controle de fabricação.

Quadro 5 - Problemas no processo de fabricação
Fonte: Autoria própria

3.3 PRIORIZAÇÃO DOS PROBLEMAS

Com a listagem dos principais problemas, fez-se a utilização da Matriz GUT para encontrar os problemas prioritários. A pontuação para cada item foi atribuída de 1 a 5, onde 5 representa maior gravidade e 1 representa menor relevância para o quesito analisado, seguindo a percepção dos entrevistados em etapas anteriores. No Quadro 6, ordenou-se de modo crescente os problemas de acordo com a prioridade de solução, ou seja, o primeiro problema é o que obteve maior pontuação na multiplicação entre os fatores e, portanto, deve ser solucionado prioritariamente.

Priorização dos problemas: Matriz GUT					
Nº	Problema	G	U	T	GxUxT
1	Desperdício de tempo, materiais e mão de obra com atividade desnecessária: tagueamento.	5	4	3	60
2	Ocupação física e gastos desnecessários com controle de estoque de produtos acabados.	5	3	3	45
3	Retrabalho na identificação dos <i>spool's</i> .	5	3	3	45
4	Processo inadequado: adição de informações das juntas em planilha de controle de fabricação.	5	4	2	40
5	Pintura de baixa qualidade e consumo elevado de tintas.	4	4	2	32
6	Tempo excessivo na separação de material para fabricação e procura de itens não presentes em estoque.	5	3	2	30
7	Inconformidade com projeto: divergência dimensional, material, orientação, pintura.	4	3	1	12
8	Desordem e falta de limpeza.	2	2	3	12
9	Desperdício de consumíveis: disco de corte, escova rotativa, argônio, vareta de metal de adição, eletrodo de tungstênio.	3	3	1	9
10	Tempo excessivo e espera para o transporte de materiais e produtos entre as etapas de fabricação.	4	2	1	8
11	Uso excessivo de espaço físico para armazenamento de matéria-prima.	2	2	2	8

Quadro 6 - Priorização dos problemas: Matriz GUT
Fonte: Autoria própria

Através da Matriz GUT percebe-se que o primeiro problema a ser resolvido deve ser relativo ao processo de tagueamento, seguido do problema de estoque de produtos acabados, retrabalho na identificação do *spool's* e assim por diante.

Para realizar as próximas etapas do estudo, selecionou-se os quatro problemas com maior prioridade para solução.

3.4 ESTUDO DOS PROBLEMAS PRIORIZADOS

Nesta etapa elaborou-se o Diagrama de Ishikawa para cada um dos quatro problemas prioritários com o objetivo de encontrar a respectiva fonte causadora.

Alguns dos fatores (método, mão de obra, meio ambiente, matéria-prima, máquinas e medidas) foram omitidos nos diagramas por não haver causas relacionadas ao determinado fator.

3.4.1 Desperdício no tagueamento

O processo de tagueamento era realizado nos *spool's* finalizados de aço inoxidável. Este trabalho era totalmente removido após a montagem das tubulações em obra, ou seja, a atividade não agregava valor ao produto. Isto ocorria principalmente por danos durante o transporte e a realização dos tagueamentos em um local da tubulação não apropriado. Deste modo, todo este processo, partindo desde o planejamento da atividade, preparo da superfície, preparo de tintas, compra de etiquetas e a pintura do tagueamento eram desnecessárias para aquele momento, além de gerar uma necessidade extra de mão de obra, local para armazenando de tintas, moldes adesivos e controle destes produtos no processo de fabricação.

Com análise das causas através do Diagrama de Ishikawa, Figura 2, nota-se que a principal fonte do problema de desperdício no tagueamento é a realização desta atividade no processo produtivo pois, ao eliminar esta etapa as demais não necessitariam sofrer alterações.

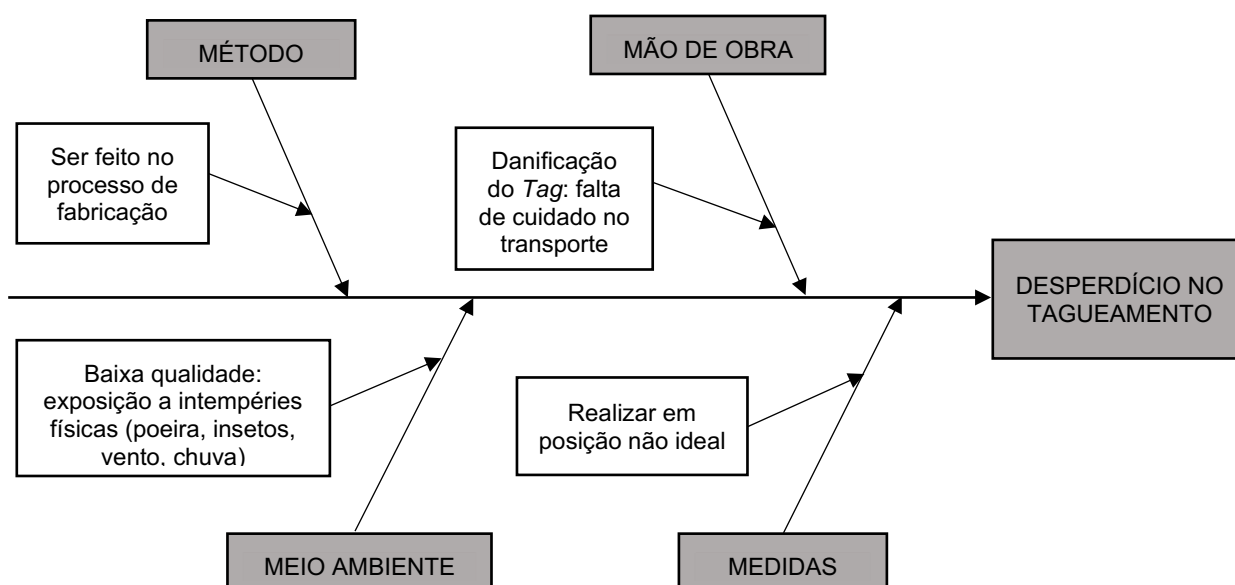


Figura 2 - Diagrama de Ishikawa para desperdício no tagueamento
Fonte: Autoria própria

3.4.2 Estoque de produtos acabados

O estoque de peças finalizadas ocorria devido ao fato de liberar os projetos, em alguns casos, de acordo com o excesso de estoque de material de determinado diâmetro ou por liberar isométricos de tubulações maiores, o que facilitava o alcance da meta de produção diária. A consequência é que, quando os produtos acabados eram preparados para o envio, selecionavam-se aqueles que eram prioridade para montagem em obra, ficando os sem necessidade momentânea em estoque.

Estes estoques eram desnecessários e ainda geravam um custo de espaço para o armazenamento que, na grande maioria das vezes, era o mesmo utilizado para produção, o que reduzia a capacidade produtiva por uma limitação física. Em média, 15% do espaço produtivo era ocupado por este tipo de estoque.

Nota-se, de acordo com a Figura 3, que a principal fonte geradora do desperdício está no processo de liberação do projeto para fabricação.

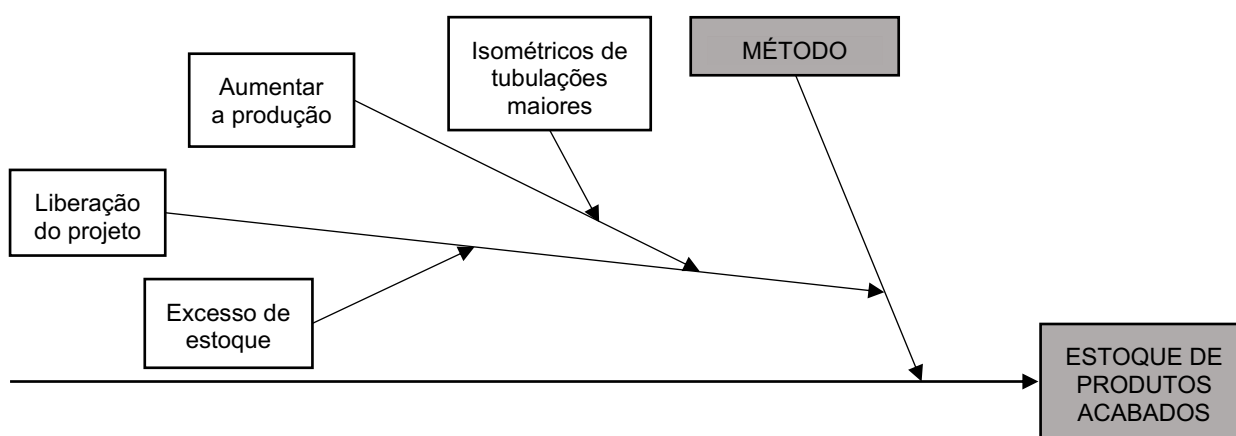


Figura 3 - Diagrama de Ishikawa para o estoque de produtos acabados
Fonte: Autoria própria

3.4.3 Retrabalho na identificação dos produtos

A identificação das tubulações ocorria com canetas que apagavam quando este material ficava exposto às intempéries físicas. Deste modo, como os locais de expedição não apresentavam cobertura e muitos dos produtos eram levados para estes locais sem etiquetar, constantemente era necessário identificar os *spool's* novamente antes de expedir. A re-identificação demandava muito tempo por ser necessário verificar cada um dos projetos liberados para fabricação, comparar com a peça a qual necessitava encontrar ou por ter que utilizar um memorial de cálculo que continha os componentes presentes em cada uma dessas peças e fazer a verificação.

Através da utilização do Diagrama de Ishikawa, conforme Figura 4, para análise das causas do retrabalho na identificação dos produtos, nota-se que as duas principais fontes geradoras do problema é o uso de marcador inadequado e a colagem da etiqueta no momento do carregamento para expedição. Falta de capricho nas marcações tinha pouca relevância sobre o problema e as intempéries físicas só causavam o problema por utilizar o marcador inadequado.

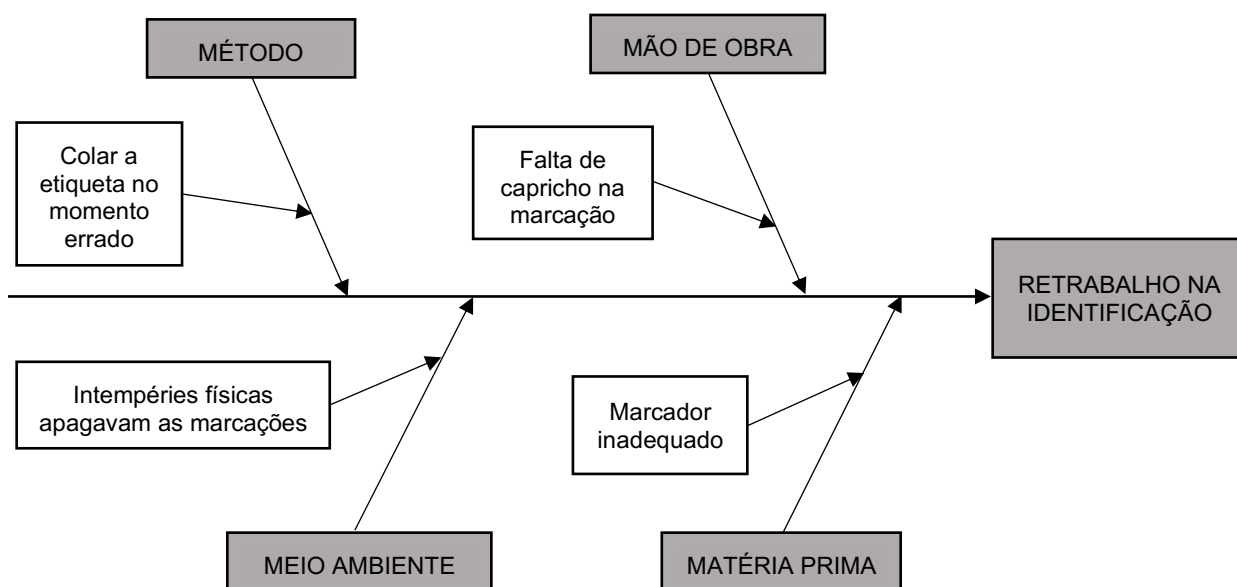


Figura 4 - Diagrama de Ishikawa para retrabalho na identificação dos produtos
Fonte: Autoria própria

3.4.4 Desperdício no procedimento de controle de produção

Para o controle da fabricação foi desenvolvido uma planilha onde adicionava-se, através da leitura de cada isométrico, as informações referentes aos projetos: juntas (tipo, polegada e número de referência), empreiteira fabricante, data de liberação para fabricação, obra a qual o projeto pertencia, status, entre outros. A planilha ainda continha informações gerais do projeto: prazo de finalização, metas de produção, quantidade faltante, gráficos de desempenho por empreiteira, gráfico de desempenho geral e histórico de fabricação. Ao final de cada expediente era feita a alteração do status adicionando a data da finalização de cada uma das juntas produzidas no dia. Esta tarefa envolvia a participação de três auxiliares de produção que dedicavam: 80%, 50% e 20% do tempo de seus expedientes. Somando-se os tempos, seria equivalente a 12 horas diárias do serviço de auxiliares de produção.

O procedimento realizado era basicamente o mesmo para incorporar cada um dos projetos na plataforma contratada de controle de qualidade, porém, nesta plataforma ainda era informada uma quantidade maior de dados dos isométricos, como: tipo do tubo, composição do material, espessura dos tubos e conexões e etc. Uma das facilidades da plataforma era permitir o *upload*, para cadastramento dos projetos, e *download* de planilhas com estas informações. Ainda, possuía sincronismo com os aplicativos em dispositivos móveis que os inspetores de solda utilizavam para informar o laudo da inspeção. Deste modo, como a junta soldada só era contabilizada como fabricada após a aprovação do inspetor, a própria plataforma já gerava relatórios sobre a aprovação de cada uma das juntas soldadas e com estas informações era possível obter os dados para o controle de fabricação.

Nota-se, com a análise do diagrama, Figura 5, que a fonte causadora do problema era o procedimento inadequado para cadastro do projeto na planilha de controle de produção. Isto ocorria devido ao fato de os executantes do controle de produção não conhecer as funcionalidades da plataforma de controle de qualidade.

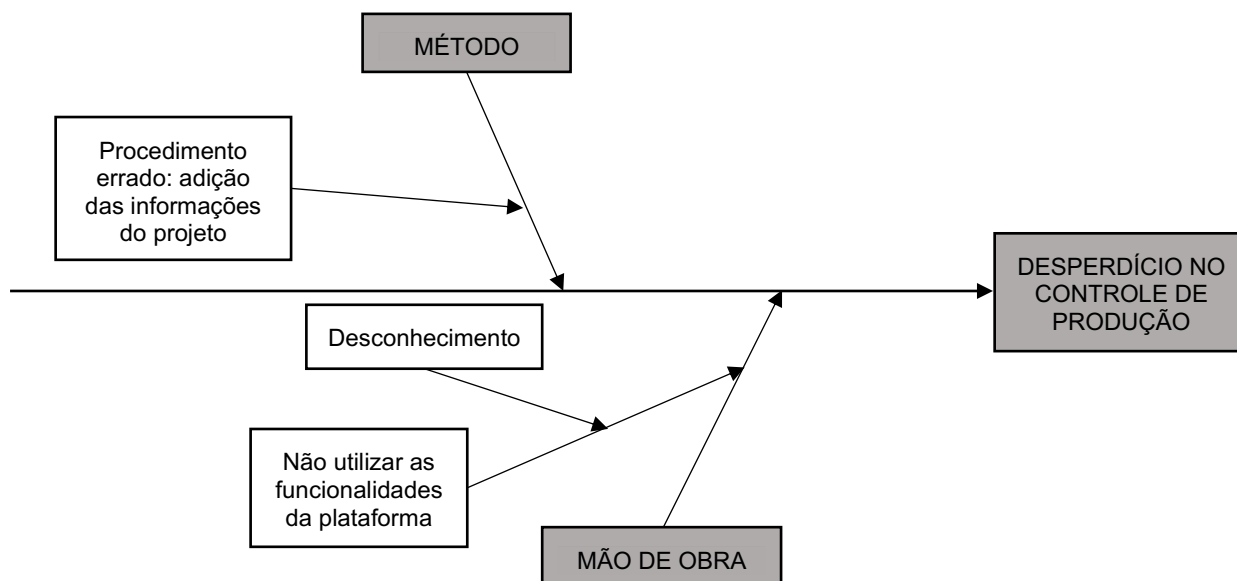


Figura 5 - Diagrama de Ishikawa para desperdício no procedimento de controle de fabricação

Fonte: Aatoria própria

Nesta seção são apresentadas as propostas de melhorias, estruturadas por meio da ferramenta 5W2H, e os resultados esperados para cada problema estudado. A aplicação das propostas deverá seguir a sequência de prioridade de solução dos problemas realizada na seção 3.3.

3.5.1 Proposta para o processo de tagueamento

Nota-se que a realização do tagueamento é considerada uma prática denominada Muda do tipo 2, ou seja, uma atividade que pode ser solucionada rapidamente. Para este caso, a solução, conforme Quadro 7, que deve ser de responsabilidade do responsável pela atividade, é eliminar esta etapa, ou seja, deixar de fazer este procedimento no processo de fabricação. Desta forma, todo o material (etiqueta, tintas e componentes, pincéis, rolos de pintura e fitas adesivas) que seria consumido poderia ser enviado diretamente para obra, não ocupando o espaço físico, eliminando gastos com o controle destes produtos na sede da empresa e, principalmente, os custos de mão de obra, tempo e materiais para a realização da atividade.

5W2H – Plano de ação para o tagueamento	
What (O que)	Eliminar a atividade de tagueamento
Why (Por que)	É uma atividade que não agrega valor ao produto
Where (Onde)	No processo de fabricação
When (Quando)	Início do próximo processo de fabricação
Who (Quem)	Responsável pelo tagueamento
How (Como)	Eliminando a atividade
How much (Quanto)	-

Quadro 7 - Plano de ação para tagueamento
Fonte: Autoria própria

O custo da mão de obra que seria eliminada era de R\$60.000,00 referentes a 240 diárias ao longo dos 10 meses de fabricação. Somando-se ainda R\$ 3.750,00 com tintas, R\$1.300,00 com Tinner, R\$4.600,00 com etiquetas e R\$2.500,00 com pincéis, rolos de lã e fita crepe, o desperdício total com esta atividade que não agregava valor aos produtos era de R\$72.150,00. Ao considerar o trabalho para remover o tagueamento em obra, o valor total estimado gasto como prejuízo é de aproximadamente R\$90.000,00.

3.5.2 Proposta para a eliminação de estoque de produtos acabados

Conforme a proposta presente no Quadro 8, para eliminar o estoque de produtos acabados o coordenador de produção deveria fazer a utilização do conceito de produção puxada, ou Just In Time, ao liberar os projetos para fabricação, seguindo a prioridade de montagem da tubulação em obra. Deste modo, só seriam produzidos os projetos certos, no momento adequado e, por consequência, não haveria estoques de produtos acabados.

5W2H – Plano de ação para o estoque de produtos acabados	
What (O que)	Eliminar este estoque
Why (Por que)	Reduz a capacidade produtiva por ocupar o espaço de produção
Where (Onde)	Nos locais de fabricação de cada uma das empreiteiras
When (Quando)	No início do próximo processo de fabricação
Who (Quem)	Coordenador de produção (responsável pela liberação do projeto para fabricação)
How (Como)	Fabricando através da produção puxada (Just-in-time)

How much (Quanto)	-
--------------------------	---

Quadro 8 - Plano de ação para estoque de produtos acabados
Fonte: Autoria própria

Analisando a prática que gera o desperdício nota-se que pode ser denominado como muda do tipo 2 que poderia ser rapidamente resolvida caso utilizasse o conceito do JIT.

Com a implementação desta proposta seria eliminado o desperdício de 15% do espaço produtivo que era ocupado com os estoques de produtos acabados. Além disto, eliminaria ou reduziria o atraso nas entregas dos produtos demandados por focar na produção apenas daqueles com prioridade para montagem em campo, sem ocupar a capacidade produtiva com produtos ainda não necessários.

3.5.3 Proposta para o processo de identificação dos produtos

A solução para a primeira causa, conforme Quadro 9, é etiquetar após a aprovação de todas as juntas soldadas do *spool*, ou seja, antes de transportar para os locais de expedição. Deste modo, não seria necessário identificar novamente cada um dos *spool's* para o carregamento nas carretas. Esta atividade seria de responsabilidade do responsável de fabricação de cada empreiteira e as etiquetas referentes ao projeto deveriam ser entregue juntamente com o projeto para fabricação.

5W2H – Plano de ação 1 para o retrabalho na identificação	
What (O que)	Etiquetar os <i>spool's</i> antes de retirar do local de fabricação
Why (Por que)	Para não identificar novamente para colar a etiqueta
Where (Onde)	No processo de fabricação
When (Quando)	Após a aprovação de solda/antes de transportar aos locais de expedição
Who (Quem)	O responsável de fabricação de cada empreiteira
How (Como)	Colando a etiqueta
How much (Quanto)	-

Quadro 9 - Plano de ação para o retrabalho na identificação - Proposta 1
Fonte: Autoria própria

A solução para o marcador inadequado, presente no Quadro 10, é comprar as canetas marcadoras industriais para alta temperatura. Com esta troca, as marcações do número da junta soldada, número de referência do soldador e a

identificação dos *spool's* não seriam apagados até a montagem em obra. Isto garantiria a fácil identificação dos produtos mesmo se a etiqueta for danificada.

5W2H – Plano de ação 2 para o retrabalho na identificação	
What (O que)	Compra de marcador adequado
Why (Por que)	Porque a marcação com a caneta utilizada apagava/servir de reforço caso a etiqueta seja danificada durante o transporte
Where (Onde)	Em alguma loja
When (Quando)	No início do próximo processo produtivo
Who (Quem)	Setor de suprimentos
How (Como)	Comprando a caneta adequada (caneta marcadora industrial para alta temperatura)
How much (Quanto)	R\$240,00/mês em 6 unidades

Quadro 10 - Plano de ação para o retrabalho na identificação - Proposta 2
Fonte: Autoria própria

Com a aplicação destas duas propostas, o tempo gasto com a re-identificação dos produtos seria eliminada. Isto resultaria na economia de 35% do tempo gasto na preparação e carregamento dos produtos em carretas para expedição. Refletindo para o valor da mão de obra, que foi gasto R\$32.000,00 com expedição, esta redução representaria R\$11.200,00 para todo o processo produtivo.

Ainda solucionaria a necessidade de re-identificação para montagem das tubulações nos módulos de *Pipe Rack's* e também para a montagem dos *spool's* em obra. Com estes retrabalhos, estima-se que seriam gastos R\$15.000,00 a mais.

Portanto, o impacto gerado apenas com a contabilização de valores referentes a mão de obra, o total de desperdício gerado por esta atividade foi de aproximadamente R\$26.000,00 sem contar com os gastos de materiais e demais transtornos gerados pela perda da identificação dos produtos.

3.5.4 Proposta para o procedimento de controle de fabricação

A alteração necessária, conforme Quadro 11, para eliminar a atividade de cadastramento das informações dos isométricos no controle de produção é adaptar esta planilha para receber os dados provenientes dos isométricos por meio do *download* da planilha de projetos da plataforma de controle de qualidade, de modo que a contabilização da produção diária, gráficos de acompanhamento fossem

realizados apenas substituindo as planilhas. Com esta alteração no procedimento, a transferência de dados ocuparia um total de 30 minutos, ou 6,25% ao final do expediente de apenas um auxiliar de produção diariamente.

5W2H – Plano de ação para o controle de fabricação	
What (O que)	Alterar o procedimento de cadastro dos isométricos no controle de produção
Why (Por que)	Por que o procedimento utilizado é inadequado, há formas melhores para se fazer.
Where (Onde)	Na planilha de controle de fabricação
When (Quando)	Ao final do dia
Who (Quem)	Auxiliar de produção
How (Como)	Fazendo o download da planilha da plataforma de controle de qualidade e adequando para a planilha de controle de fabricação
How much (Quanto)	-

Quadro 11 - Plano de ação para o controle de fabricação

Fonte: Autoria própria

Com a eliminação desta atividade, 11,5 horas das 12 horas dedicadas por auxiliares de produção deixariam de ser desperdiçadas, podendo atuar em outras atividades de suma importância como: auxílio aos inspetores de solda nas atividades de lançamento de informações na plataforma de controle de qualidade, inspeção dimensional de peças, controle de recebimento de material e estoque, cadastramento dos projetos na plataforma de controle de qualidade, entre outros.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho realizado é um estudo inicial para a implantação da filosofia da Manufatura Enxuta em uma empresa fabricante de tubulações de processo do Norte do Paraná e teve como objetivo principal obter planos de ações para eliminar os principais desperdícios do processo de manufatura, para que a empresa esteja em uma posição competitiva no mercado.

Após realizar a revisão sobre os principais temas, encontrou-se onze problemas principais. Através da utilização da Matriz GUT ordenou-se os problemas de acordo com a prioridade para solução, sendo que os quatro prioritários foram selecionados. Para cada um dos problemas realizou-se um estudo detalhado com o intuito de encontrar as respectivas causas originadoras do desperdício. Por fim, elaborou-se as propostas de melhorias com base na ferramenta da qualidade 5W2H para estruturar de maneira adequada a implementação das soluções.

Para o problema do tagueamento a solução foi eliminar esta atividade no processo de fabricação e realizá-la em obra. Adequando este processo, cerca de R\$90.000,00 deixariam de ser desperdiçados.

Já para o problema dos estoques de produtos acabados, o plano de ação propõe a utilização da ferramenta Just In Time para fazer a liberação dos projetos para fabricação. Como resultado, 15% do espaço produtivo que estava sendo desperdiçado com estes estoques desnecessários seriam eliminados, aumentando a produtividade das empreiteiras.

Com relação ao problema do retrabalho na identificação dos produtos, a solução proposta é a compra do marcador adequado e realizar a etiquetagem dos produtos assim que estiverem finalizados, ou seja, antes de transportarem aos locais de expedição. Com estas melhorias, cerca de R\$26.000,00 não seriam desperdiçados.

E, o último problema estudado, referente ao procedimento de controle de fabricação, a solução seria a incorporação das informações dos projetos na planilha de controle de produção por meio dos dados obtidos pela plataforma de controle de qualidade. A implantação dessa proposta eliminaria o desperdício de 11,5 horas por dia de serviços de auxiliares de produção, permitindo realizar outras atividades de suma importância como o aprimoramento do acompanhamento do processo de fabricação de tubulações e suportes, montagem de *Pipe Rack's*, auxílio nas atividades

de inspeções, cadastro de projetos na plataforma de controle de qualidade, controle de estoque e verificação de recebimento, entre outros.

O estudo realizado com a aplicação da filosofia da ME juntamente com as ferramentas da qualidade (Ciclo PDCA, Matriz GUT, Diagrama de Ishikawa e Matriz 5W2H) se mostrou muito eficaz para encontrar os problemas e desenvolver planos de ação.

Para que os resultados sejam obtidos, as propostas de melhorias deverão ser aplicadas no próximo processo de manufatura. Com a eliminação dos desperdícios, a redução de custos provenientes garantirá melhores resultados operacionais e mais competitividade para a empresa.

5 ESTUDOS FUTUROS

O trabalho realizado foi um ponto de partida para a implementação da filosofia da Manufatura Enxuta no processo de fabricação tubulações na empresa estudada. Deste modo, a continuidade deste trabalho é de suma importância para empresa alcançar a excelência operacional. Algumas sugestões para estudos seguintes:

- Implementação das propostas de melhorias deste trabalho;
- Estudo para solução dos demais problemas;
- Aplicação da filosofia da Manufatura Enxuta para outros processos de fabricação;
- Aplicação da ME para outros departamentos da empresa;
- Aplicação de ferramentas como: 5S, *Poka-Yoke*, *Kanban*, *Kaizen*, entre outros.
- Estudo para implantação da filosofia da ME com o desenvolvimento dos profissionais sobre o tema.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, M. E. B. **A administração da qualidade e da produtividade:** abordagens do processo administrativo, São Paulo: Atlas, 2001.
- BEHR, Ariel et al. **Gestão da biblioteca escolar:** metodologias, enfoques e aplicação de ferramentas de gestão e serviços de biblioteca: Ci. Inf., Brasília, vol 37 nº 2 ago 2008, p 32-42.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações:** manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2019. 690p
- DAYCHOUM, Merhi. **40 + 10 ferramentas e técnicas de gerenciamento.** Rio de Janeiro: Brasport, 2013.
- DEMING, W. E. **Qualidade:** a revolução da administração. Rio de Janeiro: Saraiva, 1990.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- HINES, P.; TAYLOR, D. **Going lean:** a guide to implementation. Cardiff, UK: Lean Enterprise Research Centre, 2000. 56 p.
- JACOB, D; BERGLAND, S.; COX, J. **Na velocidade da luz:** Como integrar a manufatura Lean, o Six Sigma e a Teoria das Restrições para atingir uma performance extraordinária. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- KRAFCIK, J. F. Triumph of the lean production system. **Sloan Management Review**, v.30, p. 41-52, 1988.
- KEPNER, C. H.; TREGOE, B. B. **O administrador racional.** São Paulo: Atlas, 1981.
- LEAL, Adriana Schwantz et al., (2011) - **Gestão da qualidade no serviço público.** Disponível em: < http://www2.ufpel.edu.br/cic/2011/anais/pdf/SA/SA_00440.pdf>. Acesso em: 20 abril 2021.

LIKER, J. K. **O Modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005. 320 p.

MACEDO, M; POSSAMAI, E. **Impactos da implementação do lean manufacturing na obtenção de vantagem competitiva**: um estudo de casos múltiplos: Revista Gestão Industrial Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR Campus Ponta Grossa - Paraná - Brasil ISSN 1808-0448 / v. 09, n. 02: p.366-391, 2013
D.O.I: 10.3895/S1808- 04482013000200005

MARCHWINSKI, C.; SHOOK, J. **Léxico Lean**: glossário ilustrado para praticantes do pensamento lean. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2007.

MARSHALL JÚNIOR, Isnard et.al.**Gestão da Qualidade**.10.ed.Rio de Janeiro. Editora FGV,2010.

MAXIMIANO, A.C.A. **Introdução à administração**, 4ª Ed. São Paulo: Atlas, 2000.

MUNIZ Jr., J. **Modelo Conceitual de Gestão de Produção Baseado na Gestão do Conhecimento**: um estudo no ambiente operário da indústria automotiva. 2007. 148 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica – Área de Concentração de Produção) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2007.

OHNO, T. **O sistema toyota de produção**: além da produção em larga escala. Trad. Cristina Schumacher. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

OHNO, T.; MITO, S. **Just-in-time for today and tomorrow**. Cambridge, Massachusetts, Productivity Press, 1988.

PACHECO, D. **Estudos de administração judiciária**: reflexões de magistrados sobre a gestão do Poder Judiciário. Porto Alegre: HS Editora, 2009.

PALADINI, E. P. et al.**Gestão da Qualidade**: Teoria e Prática. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

RICHARDSON, R.J. **Pesquisa social**: métodos e técnicas. 3 ed. São Paulo: Atlas, 1999.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996. 292 p.

SHINOHARA, I. **NPS, New Production System: JIT Crossing Industry Boundaries**. Cambridge, MA: Productivity Press, 1988. 197p.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. Ed 8. São Paulo: Atlas, 2018.

SLACK, N. **Vantagem competitiva em manufatura**. São Paulo: Atlas, 1993

STARBEK, M.; MENART, D. The optimization of material flow in production. **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, v. 40, n. 9, p. 1299-1310, 2000.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos**. Vol. 2. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

WOMACK, J. P.; JONES K. T. **A Máquina que mudou o mundo**. 5. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1994

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **The Machine that Changed the World**. New York, NY: Simon and Schuster, 1990. 350 p.