

**FACULDADE DE TECNOLOGIA ASSESSORITEC  
DEPARTAMENTO DE CURSOS SUPERIORES  
TECNOLOGIA EM GESTÃO DA GESTÃO DA QUALIDADE**

**JOSÉ LEONEL ARCILA LOPEZ**

**MAPEAMENTO DO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA LINHA DE  
PRODUÇÃO DE USINAGEM NUMA EMPRESA METALÚRGICA  
UTILIZANDO A METODOLOGIA LEAN MANUFACTURING**

**JOINVILLE**

**2025**

**JOSÉ LEONEL ARCILA LOPEZ**

**MAPEAMENTO DO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA LINHA DE  
PRODUÇÃO DE USINAGEM NUMA EMPRESA METALÚRGICA  
UTILIZANDO A METODOLOGIA LEAN MANUFACTURING**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Cursos Superiores da Faculdade de Tecnologia Assessoritec como requisito para a obtenção do grau de Tecnólogo em Gestão da Qualidade.

Orientador: Prof. Osvaldo Tadeu Rodrigues Junior

**JOINVILLE**

**2025**

JOSÉ LEONEL ARCILA LOPEZ

**MAPEAMENTO DO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA LINHA DE  
PRODUÇÃO DE USINAGEM NUMA EMPRESA METALÚRGICA  
UTILIZANDO A METODOLOGIA LEAN MANUFACTURING**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Cursos Superiores da Faculdade de Tecnologia Assessoritec como requisito para a obtenção do grau de Tecnólogo em Gestão da Qualidade.

Joinville, 03 de dezembro de 2025

---

Prof. Me. Osvaldo Tadeu Rodrigues Junior (Orientador)  
Faculdade de Tecnologia Assessoritec (FTA)

---

Prof. Me. Leiliani Petri Marques  
Faculdade de Tecnologia Assessoritec (FTA)

---

Prof. Me. Vilmar da Silva  
Faculdade de Tecnologia Assessoritec (FTA)

“Não basta eliminar o erro, é preciso eliminar a causa do erro.”  
*Kaoru Ishikawa (1915–1989)*

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo mapear o processo produtivo de uma linha de usinagem em uma empresa metalúrgica de Joinville (SC), aplicando os princípios do Lean Manufacturing para identificar desperdícios e propor melhorias. A pesquisa, de caráter aplicado, qualitativo e quantitativo, foi desenvolvida com base em observações diretas, entrevistas e análise de dados da produção. Foram utilizadas ferramentas como o Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM), o 5S e o SMED, permitindo identificar gargalos, movimentações desnecessárias e falhas de padronização. As principais oportunidades de melhoria envolveram a organização do layout, padronização de ferramentas, melhor ergonomia e uso de medição eletrônica. As propostas visam reduzir tempos de ciclo, eliminar desperdícios e aumentar a produtividade e a qualidade. Os resultados indicam que a aplicação do Lean Manufacturing proporciona processos mais enxutos, eficientes e sustentáveis, com ganhos de desempenho e redução de custos. Conclui-se que o uso do Lean na usinagem é uma estratégia eficaz para fortalecer a competitividade industrial e promover a melhoria contínua.

**Palavras-chave:** Lean Manufacturing; Usinagem; Eficiência Produtiva; Melhoria Contínua.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Os sensores do 5s .....	13
Figura 2	Processo Lean .....	15
Figura 3	Etapas do processo produtivo da linha de produção considerada .....	28
	de produção considerada .....	30
Figura 4	Foto de esteira da Op 100 (entrada da linha) .....	30
Figura 5	Foto de suporte de controle da Op 200 .....	31
Figura 6	Foto de magazine sem identificação nos potes de ferramentas.....	32
Figura 7	Foto de esteira da Op 600 na linha de produção estudada.....	32
Figura 8	Foto de esteira da Op 700 na linha de produção estudada .....	32
Figura 9	Etapas do processo produtivo da linha de produção considerada com propostas de melhoria de controle e fluxo.....	33

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quadro Comparativo – Lean Manufacturing x SMED.....	16
Tabela 2 - Quadro: Passos do MFV (Mapeamento do Fluxo de Valor) .....	18
Tabela 3 - Quadro de distribuição de atividades da investigação.....	26
Tabela 4 - Quadro de atividades em relação a operações da linha de produção considerada.....	27

## SUMÁRIO

<b>1. OBJETIVOS</b>	9
1.1. OBJETIVO GERAL	9
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
<b>2. INTRODUÇÃO</b>	10
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b>	12
3.1 METODOLOGIA LEAN MANUFACTURING	12
3.2 OBJETIVO DA GESTÃO LEAN MANUFACTURING	14
3.3 METODOLOGIA E AS ETAPAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DA SMED	16
3.4 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR - MFV	18
3.5 FLUXO CONTÍNUO.	19
3.6 DESPERDÍCIOS	20
3.7 O PROCESSO DE USINAGEM	21
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b>	24
4.1 LOCAL DO ESTUDO	24
4.2 MATERIAIS E RECURSOS UTILIZADOS	24
4.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	25
4.4 CRONOGRAMA	26
<b>5. RESULTADOS</b>	27
5.1 LEVANTAMENTO DE DADOS E INFORMAÇÕES	27
5.2 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR (VSM)	28
5.3 ANÁLISE DOS DESPERDÍCIOS	29
5.4 PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS	29
<b>6. CONCLUSÕES</b>	34
<b>REFERÊNCIAS</b>	35

## 1. OBJETIVOS

### 1.1 OBJETIVO GERAL

- Mapeamento do processo produtivo de uma linha de produção de usinagem numa empresa metalúrgica utilizando a metodologia Lean Manufacturing.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar o fluxo de materiais, operações e informações dentro de linha de produção.
- Analisar ineficiências e desperdícios da linha de produção.
- Desenvolver em cada etapa da linha, melhorias com base nos princípios do Lean a fim de aumentar a eficiência operacional.

## 2 INTRODUÇÃO

A competitividade crescente no setor industrial exige das empresas uma constante busca por eficiência produtiva, redução de desperdícios e aumento da qualidade. Nesse contexto, o Lean Manufacturing surge como uma filosofia de gestão essencial, voltada para a melhoria contínua e eliminação de atividades que não agregam valor. Desenvolvido originalmente pelo Sistema Toyota de Produção, o Lean busca produzir exatamente o que o cliente deseja, no momento certo e com o mínimo de recursos possíveis, estabelecendo uma cultura de excelência operacional.

O presente trabalho tem como tema o mapeamento do processo produtivo de uma linha de usinagem em uma empresa metalúrgica, localizada na cidade de Joinville, Santa Catarina. A escolha do estudo está fundamentada na relevância que o setor metalúrgico possui para a economia local e nacional, sendo responsável por uma grande parcela da geração de empregos e inovação tecnológica. Entretanto, é um segmento que enfrenta desafios constantes relacionados à otimização de processos, altos custos operacionais e exigências cada vez maiores de qualidade e produtividade.

O objetivo central é mapear o fluxo produtivo de uma linha de usinagem e propor melhorias com base nos princípios e ferramentas do Lean Manufacturing, de modo a reduzir desperdícios e aumentar a eficiência operacional. Para isso, o trabalho realiza uma análise detalhada do fluxo de materiais, informações e operações, utilizando técnicas como o Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM), o 5S, o Kaizen e o SMED. Essas ferramentas permitem compreender como o processo funciona atualmente, identificar gargalos e sugerir soluções práticas para eliminar desperdícios.

A metodologia utilizada é de natureza qualitativa e quantitativa, com abordagem descritiva e exploratória, aplicando os conceitos Lean diretamente em um ambiente real de produção. Foram observadas etapas do processo, entrevistados operadores e técnicos, e analisados indicadores de desempenho e produtividade. Com base nos dados coletados, foram mapeados o estado atual e o estado futuro do processo, possibilitando uma visão comparativa dos ganhos potenciais após a aplicação das melhorias propostas.

Os resultados obtidos mostram que, embora a empresa apresente um bom desempenho geral, existem oportunidades significativas de aprimoramento relacionadas à organização do ambiente de trabalho, padronização de processos, disposição do layout e tempo de setup das máquinas. As sugestões apresentadas buscam aumentar a produtividade, reduzir custos e promover um ambiente de trabalho mais seguro e ergonômico. Assim, o estudo contribui não apenas para o avanço da eficiência operacional da empresa analisada, mas também serve de referência para outras organizações do setor metalúrgico interessadas em adotar os princípios do Lean Manufacturing como estratégia de competitividade sustentável.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão da literatura tem como objetivo apresentar os principais conceitos e estudos que fundamentam esta pesquisa. Para isso, são analisadas produções acadêmicas que abordam os princípios, ferramentas e métodos da filosofia Lean Manufacturing, com foco na identificação e eliminação de desperdícios nos processos produtivos.

Além disso, são destacadas as contribuições dessa metodologia para aumentar a eficiência, reduzir custos e melhorar a qualidade nos mais diversos setores, desde indústrias até serviços.

Nesta seção, são discutidos a evolução dos conceitos relacionados à manufatura enxuta, suas ferramentas práticas e os benefícios de sua aplicação em diferentes segmentos.

São apresentados também os fundamentos históricos e teóricos que sustentam essa abordagem, com ênfase nas referências de autores renomados e estudos de caso que demonstram os impactos positivos do Lean Manufacturing na gestão empresarial.

#### 3.1 METODOLOGIA LEAN MANUFACTURING

O Lean Manufacturing, ou manufatura enxuta, é uma filosofia de gestão que busca a eliminação sistemática de desperdícios nos processos produtivos, com o objetivo de aumentar a eficiência, qualidade e geração de valor para o cliente. Seu foco principal está em produzir apenas o necessário, no momento certo, com o menor uso possível de recursos, promovendo melhorias contínuas em todos os níveis da organização.

Segundo Womack e Jones (2004) citado por Baccharin (2025), o Lean se baseia em cinco princípios fundamentais: definição de valor sob a perspectiva do cliente, identificação do fluxo de valor, criação de fluxo contínuo, produção puxada (sistema Pull) e a busca pela perfeição por meio da melhoria contínua (kaizen). Esses princípios orientam a tomada de decisões e a estruturação dos processos, visando tornar o sistema produtivo mais enxuto, ágil e eficaz.

De acordo com Slack et al. (2010) citado por Baccarin (2025), o Lean Manufacturing contribui significativamente para a redução de estoques, diminuição de tempos de espera, eliminação de retrabalhos e melhoria da qualidade final dos produtos e serviços. Entre as ferramentas mais utilizadas estão o mapeamento do fluxo de valor (Value Stream Mapping – VSM), o sistema 5S, kanban, SMED, padronização de trabalho e poka-yoke, que auxiliam na identificação de gargalos e oportunidades de melhoria. Além disso, sua aplicação é viável não apenas em grandes indústrias, mas também em pequenas e médias empresas, especialmente nos segmentos de usinagem e manutenção, onde a gestão eficiente dos recursos e a redução de desperdícios podem representar um diferencial competitivo importante. A adoção do Lean permite um ambiente mais organizado, com maior controle dos processos e foco constante na satisfação do cliente.

Dentre as ferramentas fundamentais do Lean, destaca-se o método 5S, originado no Japão, que visa melhorar as condições de trabalho por meio da disciplina, organização, higiene e eficiência, promovendo mudanças de comportamento no ambiente empresarial. Segundo Campos (2005) citado por Baccarin (2025), sua implementação consiste na aplicação de cinco princípios: Seiri (Senso de Utilização), Seiton (Senso de Organização), Seiso (Senso de Limpeza), Seiketsu (Senso de Padronização) e Shitsuke (Senso de Disciplina).

Figura 1 – os sentidos do 5s



Fonte: Baccarin (2025)

O 5S não se limita a ações pontuais, sendo uma jornada contínua que busca manter bons hábitos e promover uma cultura de melhoria contínua (Kaizen). Quando aplicado de forma integral, o método favorece a preparação da organização para projetos mais complexos, como a Gestão da Qualidade Total, criando ambientes transparentes, colaborativos e voltados para a excelência. Além de contribuir para o aumento da produtividade, higiene e segurança no ambiente de trabalho, o 5S também reforça aspectos sociais e ambientais, como a coleta seletiva e a sustentabilidade. (Baccarin, 2025)

O sucesso do 5S depende do comprometimento de toda a organização e de uma compreensão aprofundada de seus princípios, pois ele atua como um alicerce que possibilita melhorias sistêmicas e a implementação de processos de mudança organizacional mais abrangentes.

### 3.2 OBJETIVO DA GESTÃO LEAN MANUFACTURING

Para Balardin (2025), a gestão Lean é uma metodologia que busca eliminar desperdícios, simplificar processos e aumentar a eficiência operacional nas empresas. Sua origem está associada ao sistema produtivo da Toyota, destacando-se pela capacidade de promover melhorias contínuas na qualidade, velocidade de entrega e redução de custos.

Implementar a gestão Lean, segundo Balardin (2025) é importante especialmente em contextos de alta competitividade, pois permite otimizar recursos e ganhar produtividade, tornando a empresa mais ágil e adaptável às mudanças.

De acordo com Balardin (2025), é especialmente indicada para negócios que lidam com desafios como altos custos operacionais, baixa produtividade e dificuldades na qualidade das entregas aos clientes.

Exemplos práticos da gestão Lean em diferentes setores:

- a) Redução de estoques desnecessários em fábricas e indústrias
- b) Diminuição do tempo de espera em hospitais e clínicas
- c) Otimização do fluxo de trabalho em escritórios administrativos
- d) Melhoria contínua da qualidade em empresas de tecnologia
- e) Aumento da eficiência em operações logísticas e centros de distribuição.

O Lean baseia-se em 5 princípios, são apresentados na Figura 2

Figura 2. Processo Lean



Fonte: Casimiro (2025)

Para Womack, Jones e Roos (2010) citado por Casimiro e Oliveira (2025), os princípios do Lean são definidos da seguinte maneira:

- O valor é definido pelas necessidades do cliente.
- O fluxo de valor consiste no mapeamento de todas as etapas e processos envolvidos, desde o fornecimento de matéria prima até a entrega do produto ao cliente.
- No fluxo contínuo, a primeira etapa é remover todos os desperdícios possíveis dos processos do fluxo de valor, para, então, garantir que as etapas fluam suavemente, sem interrupções, atrasos ou gargalos, na forma de um fluxo contínuo.
- Na produção puxada se foca em eliminar desperdícios e principalmente eliminar estoques.
- Na perfeição, último princípio, o objetivo é desenvolver um pensamento de melhoria contínua, onde é necessário constantemente analisar os processos visando melhorias.

### 3.3 METODOLOGIA E AS ETAPAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DA SMED

Segundo Shingo (2018) citado por Casimiro e Oliveira (2025), a SMED é a sigla para Single Minute Exchange of Die, traduzido como Troca Rápida de Ferramenta. Se trata de uma das ferramentas centrais do Lean Manufacturing. O SMED é uma técnica prática que viabiliza o Lean Manufacturing, pois sem reduzir tempo de setup, seria impossível implementar produção puxada e lotes pequenos, que são a essência da manufatura enxuta.

Em outras palavras, é uma sistemática desenvolvida para reduzir o tempo de troca de ferramentas ou setups em processos de manufatura, especialmente em linhas de produção com máquinas ou equipamentos que requerem ajustes ou trocas frequentes.

Para Gomes (2021) citado por Casimiro e Oliveira (2025), o objetivo da SMED é minimizar o tempo gasto na troca de ferramentas, buscando reduzir o tempo de parada da máquina e aumentar a eficiência da produção. Ainda, segundo o autor, o tempo de setup é considerado um tempo não produtivo, uma vez que não agrega valor direto ao produto final. A redução desse tempo permite aumentar a capacidade produtiva, a flexibilidade e a agilidade na resposta às mudanças de demanda.

Tabela 1. Quadro Comparativo – Lean Manufacturing x SMED

Aspecto	Lean Manufacturing	SMED (Single Minute Exchange of Die)
<b>Origem</b>	Sistema Toyota de Produção (década de 1950, Japão).	Shigeo Shingo (anos 1960), como ferramenta de apoio ao Lean.
<b>Objetivo principal</b>	Eliminar desperdícios (muda), aumentar eficiência e entregar valor ao cliente.	Reduzir drasticamente o tempo de setup/troca de ferramentas.
<b>Foco</b>	Filosofia ampla de gestão da produção.	Técnica operacional específica dentro do Lean.
<b>Desperdício combatido</b>	Estoques excessivos, esperas, movimentações desnecessárias, retrabalho, superprodução.	Tempo de máquina parada durante setups.
<b>Método</b>	Princípios como Just-in-Time, Jidoka, Kaizen, produção puxada e fluxo contínuo.	Separação entre atividades internas e externas, padronização, simplificação.
<b>Benefícios</b>	Redução de custos, maior flexibilidade, melhoria contínua, qualidade e agilidade.	Setups rápidos (<10 min), lotes menores, flexibilidade para atender variação da demanda.
<b>Relação entre ambos</b>	Estrutura filosófica que orienta toda a produção.	Ferramenta prática que viabiliza a implementação de princípios Lean.

Fonte: OHNO (1997)

De acordo com Sugai, McIntosh e Novaski (2007) citado por Casimiro e Oliveira (2025),

A SMED envolve o estudo detalhado do processo de troca de ferramentas. Essa metodologia foca na identificação e eliminação das atividades desnecessárias, simplificando tarefas, padronizando procedimentos e utilizando técnicas como a pré-preparação. Tais procedimentos podem ser separados em atividades internas ou externas ao setup. Para Shingo (1996), as atividades internas são aquelas que só podem ser realizadas quando a máquina está parada, enquanto as atividades externas podem ser feitas com a máquina em operação. Essa separação permite que uma parte do setup seja realizada enquanto a máquina ainda está produzindo, reduzindo significativamente o tempo total de troca. Shingo (1996) afirma que a redução nos tempos de setup obtida com a implementação da SMED é essencial para o Sistema Toyota de produção, reforçando a importância desta sistemática. Desta forma, fica evidente a necessidade da utilização desta ferramenta no meio industrial. (Casimiro e Oliveira, 2025, p. 22)

Shingo (1996) citado por Casimiro e Oliveira (2025) idealizou a metodologia e a aperfeiçoou ao longo dos anos com suas experiências práticas relatadas em seu livro O Sistema Toyota de produção (1996), chegando, assim, na metodologia ideal para a implementação da sistemática SMED. A SMED é implementada em quatro etapas:

- a) **Estágio preliminar:** é realizado o acompanhamento do setup no qual será aplicada a metodologia e o levantamento das atividades realizadas, a fim de montar um fluxograma atual do processo.
- b) **Estágio 1:** é o mais importante na aplicação do método. Ele implica na separação das operações de setup interno e externo.
- c) **Estágio 2:** consiste em converter o máximo possível de operações de setup interno em externo, diminuindo o tempo de máquina parada.
- d) **Estágio 3:** o último estágio foca na melhoria geral do procedimento de setup, com a finalidade de simplificar e padronizar as atividades executadas.

Diante do exposto, percebe-se que a metodologia SMED representa não apenas uma técnica de redução de tempos de setup, mas uma estratégia essencial para sustentar os princípios do Lean Manufacturing, permitindo maior flexibilidade, eficiência produtiva e agilidade frente às demandas do mercado. Suas etapas estruturadas possibilitam a eliminação de desperdícios, a

padronização de processos e a maximização da utilização dos recursos produtivos. Assim, a implementação da SMED torna-se um diferencial competitivo para as organizações que buscam alinhar-se às práticas de manufatura enxuta, assegurando maior produtividade e qualidade com custos reduzidos.

### 3.4 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR - MFV

O MFV é uma ferramenta administrativa que fornece uma visão geral de todas as etapas envolvidas na fabricação de um produto, contemplando desde o fornecedor da matéria prima até o cliente final.

Além disso, conforme Rother e Shook (2003) citado por Oliveira, Mendes e Costa (2018), ele facilita a análise de todas as etapas envolvidas, permitindo a verificação e constatação de quais realmente agregam, ou não, valor ao produto final a fim de propor melhorias para os processos. Conforme Ghinato (1996) esta ferramenta resume os princípios do Sistema Toyota de Produção, pois auxilia na visualização do andamento do processo em relação a estes princípios, auxiliando em sua implementação.

Tabela 2. Quadro: Passos do MFV (Mapeamento do Fluxo de Valor)

<b>Passo</b>	<b>Descrição</b>
<b>1. Estado Atual</b>	Mapeamento detalhado do fluxo de valor no estado atual, identificando os processos, etapas e fluxos existentes na operação.
<b>2. Identificação de Desperdícios</b>	Análise crítica do fluxo atual para identificar desperdícios, como gargalos, atividades que não agregam valor e ineficiências.
<b>3. Desenho do Estado Futuro</b>	Criação de um mapa ideal do fluxo de valor, eliminando desperdícios e otimizando processos para melhorar a fluidez e a eficiência.
<b>4. Plano de Implementação</b>	Elaboração de um plano detalhado para implementar o estado futuro, incluindo ações, prazos, responsáveis e indicadores de sucesso.

Fonte: Rother e Shook (2003)

O quadro dos passos do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) descreve uma abordagem estruturada para analisar e otimizar processos. Ele começa com o mapeamento do estado atual, que identifica como os processos estão operando atualmente. Em seguida, realiza-se a identificação de desperdícios, destacando atividades que não agregam valor. Com essas informações, é criado o desenho do estado futuro, propondo um fluxo ideal e eficiente. Por fim, o plano

de implementação detalha as ações necessárias para transformar o estado atual no estado futuro, com foco em eliminar desperdícios e melhorar a eficiência geral.

### 3.5 FLUXO CONTÍNUO

De acordo com Oliveira, Mendes e Costa (2018), Henry Ford foi o pioneiro na criação do conceito de produção em fluxo contínuo, um marco da produção em massa de veículos. Em 1913, Ford desenvolveu a linha de montagem em movimento contínuo, o que resultou em uma revolução nos processos produtivos da época. Essa inovação permitiu uma redução drástica no “lead time” e nos custos de fabricação, impactando diretamente na eficiência do processo. Um dos resultados mais notáveis foi a queda no tempo de montagem de um veículo, que passou de 12 horas para apenas 90 minutos, além de reduzir em 50% os custos de produção.

O fluxo contínuo, também conhecido como One-Piece Flow, tornou-se uma das bases fundamentais da filosofia Lean Manufacturing, amplamente adotada e aprimorada posteriormente por outras indústrias, como a Toyota, no desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção. Oliveira (2018) destaca que o impacto dessa metodologia foi tão profundo que, ainda hoje, é possível observar sua influência em todas as indústrias manufatureiras de produção seriada, sendo um pilar importante para a eliminação de desperdícios e para a promoção de processos mais enxutos e eficientes. (Oliveira, Mendes e Costa, 2018, p.15)

Além disso, Oliveira, Mendes e Costa (2018) enfatizam que a aplicação do fluxo contínuo está diretamente ligada à redução de desperdícios típicos em processos produtivos. Entre eles, destacam-se a superprodução, os longos tempos de espera, as movimentações excessivas e o retrabalho. O fluxo contínuo busca eliminar essas ineficiências ao organizar os processos de forma que cada etapa flua sem interrupções desnecessárias, sincronizando as operações com a demanda.

A adoção desse sistema requer planejamento e ferramentas específicas. Oliveira, Mendes e Costa (2018) mencionam que técnicas como o cálculo do Takt Time, o uso de layouts celulares e a padronização de processos são essenciais para garantir o sucesso da implementação. O objetivo principal é

alinhar os recursos produtivos à demanda do cliente, evitando a produção em excesso e garantindo a qualidade em cada etapa do processo.

Por fim, Oliveira, Mendes e Costa (2018) ressalta que o fluxo contínuo não é apenas uma técnica de produção, mas uma verdadeira mudança de paradigma na forma como as empresas organizam seus processos. Ele promove uma abordagem estratégica para alcançar maior competitividade, reduzir custos e melhorar a eficiência operacional, sendo um componente essencial para a implementação bem-sucedida da filosofia Lean Manufacturing.

### 3.6 DESPERDÍCIOS

Na mentalidade enxuta a palavra desperdício é conhecida pelo termo japonês muda, onde distingue entre muda do tipo 1 e do tipo 2. A do tipo 1 é relacionadas à atividades que não agregam valor mas são necessárias na realização do produto ou serviço. O mudado tipo 2 está relacionado à atividades que não agregam valor e podem ser eliminadas rapidamente com a realização de Kaizen (Marchwinski e Shook, 2003 citado por Martins, 2015).

Conforme Hines e Taylor (2000) citado por Martins (2015), as atividades poder ser divididas em três grupos:

O primeiro grupo são as atividades que agregam valor, pelas quais o consumidor estaria disposto a pagar por elas.

O segundo são aquelas atividades desnecessárias, que não agregam valor ao consumidor final, estas são nitidamente consideradas desperdícios (muda) e devem ser eliminadas em um curto prazo

Já o terceiro grupo são atividades necessárias, mas que não agregam valor ao produto ou serviço trata-se de desperdícios difíceis de serem eliminados em curto prazo, mas que podem ser submetidos a um planejamento de médio a longo prazo, a menos que sejam submetidos a um processo de transformação radical. (Martins, 2015, p. 12)

Martins (2015) também enfatiza que a identificação e a categorização dos desperdícios são essenciais para a aplicação eficaz da filosofia Lean Manufacturing. A eliminação dos desperdícios do tipo 2 e a redução gradual dos desperdícios do tipo 1 permitem que as organizações otimizem seus processos, reduzam custos e aumentem a qualidade de seus produtos e serviços. Para isso, ferramentas como o Value Stream Mapping (VSM) podem ser utilizadas para

mapear o fluxo de valor e identificar claramente quais atividades estão em cada uma das categorias mencionadas.

A estratégia enxuta, portanto, reconhece o impacto negativo dos desperdícios em qualquer operação e busca eliminá-los de forma sistemática e contínua. Ao fazer isso, não apenas melhora a eficiência operacional, mas também contribui para a satisfação do cliente, ao entregar produtos e serviços de maior qualidade e custo reduzido. Conforme Martins (2015), a gestão dos desperdícios é um dos pilares fundamentais para o sucesso da produção enxuta, sendo uma prática que deve ser constantemente revisada e aprimorada.

### 3.7 O PROCESSO DE USINAGEM

De acordo com a Wolf Brasil (2025), o processo de usinagem consiste na remoção de uma porção do material de uma peça bruta, transformando-a em um componente com características e dimensões específicas para atender a uma finalidade pré-determinada. Durante esse processo, o material retirado, denominado cavaco, é geralmente reaproveitado como matéria-prima para novos usos. Esse método é amplamente utilizado em diversas indústrias, como as dos setores eletrodoméstico, aeroespacial, naval e eletrônico, sendo essencial para a produção de componentes de máquinas, equipamentos e utensílios utilizados no cotidiano.

Conforme a Wolf Brasil (2025), a usinagem remonta à pré-história, quando o homem começou a criar ferramentas e armamentos para garantir sua sobrevivência. O uso do ferro como matéria-prima, registrado em 700 a.C., marcou um avanço significativo nos processos de fabricação artesanal.

No entanto, foi apenas no século XIX, com o desenvolvimento do aço rápido, que a prática da usinagem foi revolucionada, permitindo velocidades de corte mais altas e maior produtividade.

Em 1906, Wolf Brasil (2025), o torno motorizado foi introduzido, melhorando a qualidade e a eficiência do trabalho. A automação dos processos teve início em 1960, mas o grande marco ocorreu em 1978, com o surgimento do torno computadorizado (CNC), que trouxe precisão extraordinária, alcançando tolerâncias de até 1 micrômetro.

Sobre os materiais das ferramentas para usinagem, a Wolf Brasil (2025) explica que as ferramentas de usinagem são desenvolvidas a partir de materiais específicos que garantem resistência e durabilidade.

Entre os mais comuns está o aço rápido (HSS), que combina ligas como tungstênio, cromo, molibdênio, cobalto e vanádio, sendo amplamente usado em brocas para corte em alta velocidade. O metal duro, composto por carboneto de tungstênio e aglomerantes como cobalto, é o material mais utilizado em ferramentas intercambiáveis, como fresas e pastilhas. As cerâmicas, feitas de óxido de alumínio ou nitreto de silício, destacam-se por sua alta resistência ao desgaste e capacidade de operar em temperaturas superiores a 1.800 °C. Por fim, os diamantes industriais, como PCD e CBN, oferecem a maior dureza na escala de Mohs, sendo ideais para usinar materiais como aço temperado, alumina, vidros e cerâmicas. (Wolf Brasil, 2025, p.1)

Segundo a Wolf Brasil (2025), os processos de usinagem englobam diversas técnicas, cada uma destinada a atender necessidades específicas. O torneamento, por exemplo, é utilizado para criar peças cilíndricas, como parafusos e engrenagens, sendo realizado com ferramentas que permanecem estáticas enquanto a peça gira. O fresamento, por sua vez, envolve o uso de fresas para esculpir superfícies complexas, engrenagens e moldes.

Já a furação utiliza brocas para criar ou ampliar furos cilíndricos em peças, sendo um processo crítico devido ao alto valor agregado das peças na fase final de fabricação.

O mandrilamento, relacionado à melhoria ou ampliação de furos, é realizado com barras ou cabeçotes que garantem alta precisão dimensional. Além desses, outras operações, como aplainamento, brochamento e retificação, complementam o conjunto de processos tradicionais, ao passo que a usinagem não convencional, como a eletroerosão e o corte por jato d'água, atende a demandas específicas da indústria moderna.

A integração do pensamento Lean Manufacturing ao processo de usinagem representa um avanço significativo na forma como as operações industriais são estruturadas. O Lean, com sua ênfase na eliminação de desperdícios e na criação de valor, complementa os processos de usinagem ao otimizar o fluxo de trabalho, reduzir os tempos de espera e maximizar a eficiência operacional. Segundo a filosofia Lean, ferramentas como o *Value Stream Mapping* (VSM), *Kaizen* e o sistema 5S podem ser aplicadas para identificar

gargalos, organizar o ambiente de trabalho e melhorar continuamente os resultados.

A Wolf Brasil (2025) destaca que a usinagem é frequentemente vista como um processo de alto valor agregado, especialmente pelo fato de muitas operações ocorrerem nas etapas finais de fabricação, quando o produto já possui grande parte do seu custo acumulado. Aplicar os princípios Lean nesse contexto permite não apenas a redução de custos, mas também a melhoria da qualidade e a diminuição do desperdício de materiais, como o cavaco, que pode ser reutilizado como matéria-prima. Assim, a combinação entre usinagem e Lean Manufacturing não só potencializa a eficiência produtiva, mas também contribui para um modelo industrial mais sustentável e competitivo.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de natureza qualitativa e quantitativa, com abordagem descritiva e exploratória.

O estudo tem como objetivo analisar, compreender e propor melhorias em um processo produtivo real, aplicando os princípios e ferramentas do Lean Manufacturing para reduzir desperdícios e aumentar a eficiência operacional.

### 4.1 LOCAL DO ESTUDO

A pesquisa será realizada em uma empresa metalúrgica situada na cidade de Joinville, atuante no setor de usinagem de peças metálicas para o setor automotivo.

O foco da análise será uma linha de produção específica, identificada como área crítica em termos de fluxo, produtividade e desperdícios.

### 4.2 MATERIAIS E RECURSOS UTILIZADOS

Os principais materiais e recursos necessários para a condução do estudo incluem:

- Documentos e registros internos da empresa (ordens de produção, relatórios de tempo e eficiência, indicadores de desempenho);
- Layout físico da planta de usinagem;
- Ferramentas de medição e controle de tempo, como cronômetro e planilhas eletrônicas;
- Softwares de apoio, como Microsoft Excel e ferramentas de mapeamento de processos (por exemplo, Bizagi, Lucidchart ou Draw.io);
- Instrumentos Lean, como:
- Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM – Value Stream Mapping);
- Análise de desperdícios (Muda);
- Diagrama de fluxo de processos (Process Flow Chart);
- 5S, Kaizen e padronização de processos.

### 4.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia desenvolvida será em etapas sequenciais, conforme descrito abaixo:

#### a) Levantamento de dados e informações

Nessa etapa será realizada uma observação direta na linha de produção, acompanhada de entrevistas com operadores e técnicos. Serão coletadas informações sobre:

- Etapas do processo de usinagem;
- Tempos de ciclo e tempos de setup;
- Movimentação de materiais;
- Layout atual e fluxo de informações;
- Indicadores de desempenho (produtividade, eficiência, retrabalho etc.).

#### b) Mapeamento do fluxo de valor (VSM)

Com base nos dados levantados, será elaborado o mapa do estado atual do processo produtivo, identificando:

- Gargalos, esperas e movimentações desnecessárias;
- Atividades que agregam e não agregam valor;
- Fluxos de informação e materiais.

#### c) Análise dos desperdícios

Os sete desperdícios (superprodução, espera, transporte, excesso de processamento, estoques, movimentação e defeitos) serão avaliados para identificar oportunidades de melhoria.

#### d) Proposição de melhorias

A partir do diagnóstico, serão propostas ações de melhoria alinhadas aos princípios do Lean Manufacturing, buscando:

- Redução de desperdícios; Aumento da eficiência e produtividade;

e) Mapeamento do estado futuro

Será construído o mapa do estado futuro, representando o processo otimizado com as melhorias implementadas ou sugeridas.

f) Avaliação dos resultados

As propostas serão avaliadas quanto ao seu impacto potencial na produtividade, eficiência e redução de desperdícios, por meio de indicadores comparativos entre o estado atual e o estado futuro.

#### 4.4 CRONOGRAMA

O desenvolvimento seguirá o cronograma previsto no plano de trabalho do TCC, distribuído em etapas mensais de coleta de dados, análise, proposição de melhorias e elaboração dos resultados.

Tabela 3. Quadro de distribuição de atividades da investigação.

MAPEAMENTO DO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE USINAGEM NUMA EMPRESA METALÚRGICA UTILIZANDO A METODOLOGIA LEAN MANUFACTURING.				
ATIVIDADES	SEMANAS			
	1	2	3	4
LEVANTAMENTO DE DADOS E INFORMAÇÕES	■			
MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR (VSM)		■		
ANÁLISE DOS DESPERDÍCIOS			■	
PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS			■	
MAPEAMENTO DO ESTADO FUTURO			■	
AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS				■

Fonte: Autor (2025)

## 5 RESULTADOS

### 5.1 LEVANTAMENTO DE DADOS E INFORMAÇÕES

Foi executada uma observação de cada uma das etapas da linha de produção onde foi possível constatar cada um dos processos que são desenvolvidos; começando com a recepção das peças na entrada da linha, as quais são carregadas mediante empilhadeira, numa esteira de roletes mecanizada que funciona mediante acionamento automático ou manual. Posteriormente iniciam as primeiras operações de usinagem da peça, as quais serão detalhadas no seguinte quadro descritivo:

Tabela 4. Quadro de atividades em relação a operações da linha de produção considerada.

OPERAÇÃO	Nº OPERADORES	Nº MÁQUINAS	TEMPO DE CICLO	GARGALOS
100	1	2	05:00 min	0
150	0	1	03:00 min	0
200	1	2	05:00 min	0
300	1	2	03:00 min	0
400	1	2	02:00 min	0
600	1	2	06:00 min	2
700	1	2	N/A	N/A
INSPEÇÃO FINAL	2	2	N/A	N/A
EMBALAGEM	2	2	N/A	N/A

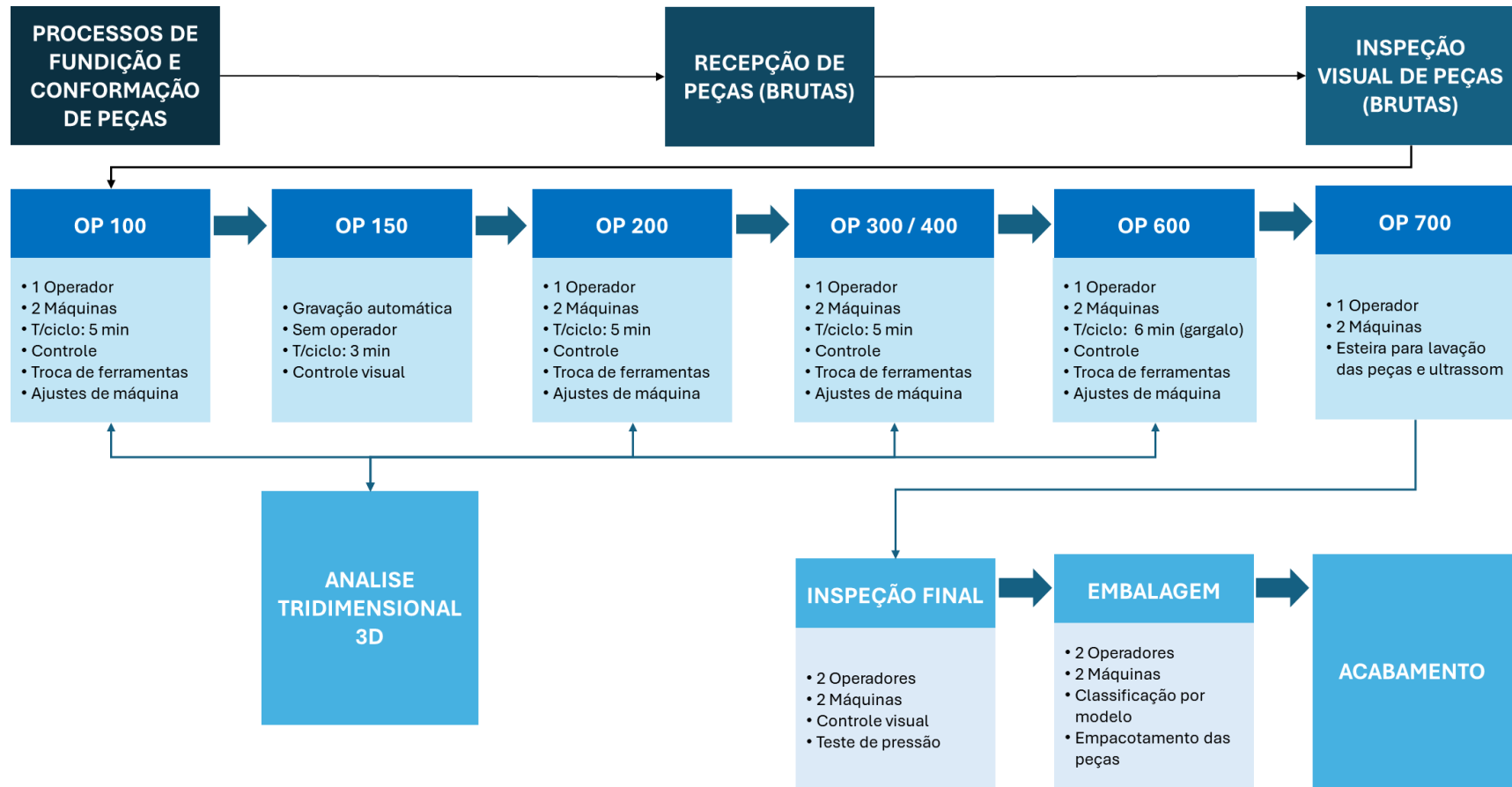
Fonte: Autor (2025)

Em cada uma das etapas são realizados diversos procedimentos de usinagem como fresamentos, furos e chanfros, os quais vão de acordo ao projeto trabalhado nessa linha especificamente; cabe destacar que a movimentação de peças na linha entre cada uma das operações é feita de forma manual mediante a utilização de talhas elétricas e para transportar também as mesmas, são utilizadas linhas de roletes dispostas entre cada operação.

Para cada fase de usinado das peças e realizado um controle visual de cada peça uma vez sai da máquina conforme cada operação; além disso também existe um plano de controle que descreve cada parte das peças e como elas devem cumprir com um padrão explícito de acordo com as especificações do cliente, para isso e considerado um tempo de controle da produção de 05 (cinco) minutos, onde também se contempla um possível ajuste da maquina (feito pelo pessoal técnico de fabricação) e troca de ferramentas em caso de ser necessário.

## 5.2 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR (VSM)

Figura 3. Etapas do processo produtivo da linha de produção considerada.



Fonte: Autor (2025)

### 5.3 ANÁLISES DOS DESPERDÍCIOS

Levando em consideração os sete desperdícios, foram identificados uma série de eventualidades que geram perdas do fluxo na linha de produção tais como, a falta de espaço para deixar peças que vão a uma operação seguinte (situação que acontece comumente quando existe uma parada na linha por conta de uma troca de ferramenta, manutenção ou até por retrabalhos); também é considerado como desperdício de tempo quando voltam na linha de produção, peças que foram levadas para análise tridimensional, devido a que em muitas oportunidades as mesmas não conseguem ingressar no fluxo porque a quantia de peças nas esteiras entre operações é limitada.

O traslado e disposição de peças entre operações as vezes ocorre sem identificação das mesmas, situação que gera perdas de tempo por exemplo, nas trocas de turnos devido a que não é possível em algumas oportunidades determinar qual seria o status de uma peça, situação que pode gerar desvios de qualidade por falta de informação da mesma, já que poderiam se encontrar fora do fluxo por circunstâncias como parada de máquina, dimensional fora, retrabalho, falta de operação, registro, defeito de fundição ou usinagem deslocado.

### 5.4 PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS

Apesar de a linha de produção contar com uma série de vantagens que permitem manter um fluxo constante de peças e alcançar as metas de produção estabelecidas, ainda há espaço para aprimoramentos. Esses ajustes têm como objetivo facilitar o desenvolvimento das atividades e proporcionar maior comodidade aos operadores que nela atuam. Diante disso, surgem as seguintes proposições para cada operação:

Op 100, deveria ter uma sinalização na esteira de entrada conforme ao correto posicionamento dos paletes de peças brutas que são colocados pelos operadores de empilhadeiras ter a fim de evitar posições incorretas deles, para não deter o fluxo da produção.

Figura 4. Foto de esteira da Op 100 (entrada da linha)



Fonte: Autor (2025)

Op 200, deveria ter uma melhor estação de controle de peças, que permita uma melhor visualização ao momento de realizar os controles respectivos, além de ter um espaço onde o operador consiga retirar peças da linha ao momento de levar as mesmas ao laboratório de análise tridimensional, devido a que atualmente essa ação é realizada mediante a operação consecuinte gerando em alguns casos atrasos quando as esteiras de produção estão cheias com peças também.

Figura 5. Foto de suporte de controle da Op 200



Fonte: Autor (2025)

Nas operações 300/400 o fator mais determinado e considerado são as condições das máquinas pois as mesmas são as mais antigas da linha e

atualmente apresentam falta de identificação no magazine de ferramentas, devido ao tempo de serviço ou possível falta de manutenção, porém resulta importante a correção dessas partes da máquina com uma demarcação correta dos potes onde são colocadas as ferramentas, porque isso poderia evitar danos na máquina como colisões ou quebras, ao igual que desvios de qualidade em caso do operador errar na colocação das mesmas e não apreciar no controle da operação após a troca.

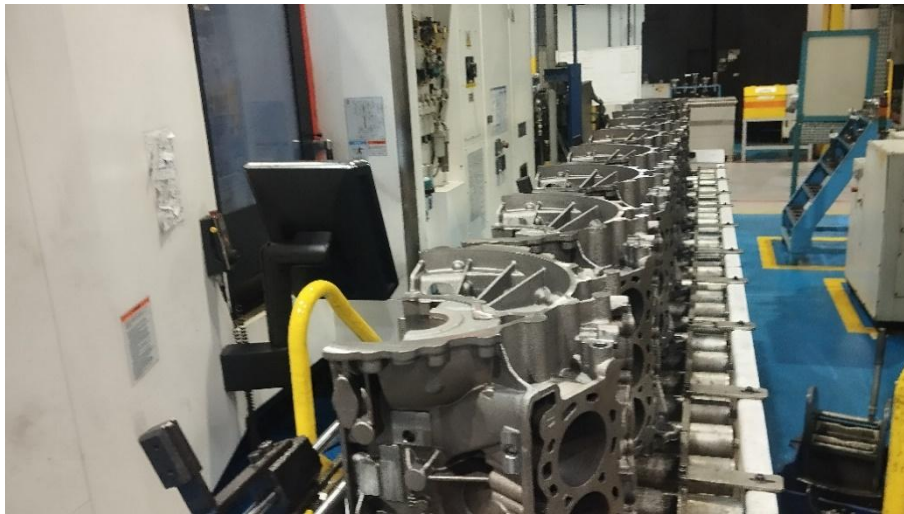
Figura 6. Foto de magazine sem identificação nos potes de ferramentas.



Fonte: Autor (2025)

Na Op 600 se considera que melhoraria o fluxo da linha, um sistema eletrônico de medição com apoio do apalpador da máquina (segundo a peça que hoje é fabricada nessa linha) a fim de evitar seja necessário que seu operador tenha que utilizar o dispositivo de relógios comparadores dispostos nesta etapa, porque para poder utilizar o mesmo se require virar as peças 90° (graus), limpar os acentos da peça e depois colocar a mesma, sem contar que para fazer o zeramento do dispositivo se deve colocar uma peça padrão que serve de referência na operação executada e que é analisada.

Figura 7. Foto de esteira da Op 600 na linha de produção estudada



Fonte: Autor (2025)

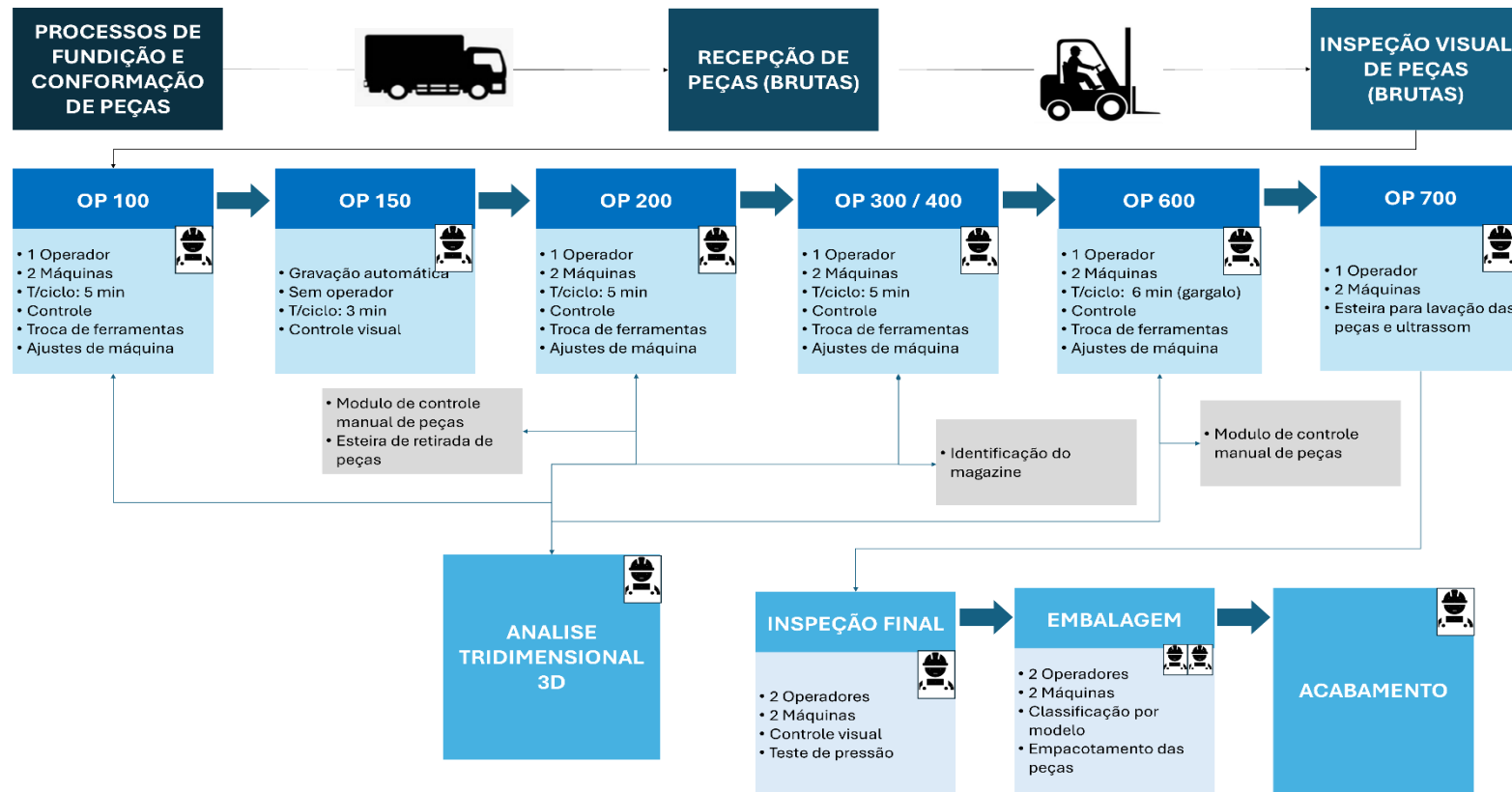
Referente da Op 700 o fator mais importante a considerar resulta ser o espaço que tem as esteiras para colocação das peças provenientes de outras operações, porque em algumas oportunidades elas ficam cheias, situação que baixa o fluxo da linha trazendo uma redução de peças produzidas que podem ser enviadas ao setor de inspeção final e posteriormente embalagem.

Figura 8. Foto de esteira da Op 700 na linha de produção estudada



Fonte: Autor (2025)

Figura 9. Etapas do processo produtivo da linha de produção considerada com propostas de melhoria de controle e fluxo



Fonte: Autor (2025)

## 6. CONCLUSÕES

A análise detalhada da linha de produção permitiu compreender o fluxo completo de materiais, desde a entrada das peças brutas até a etapa final de embalagem. Foi possível mapear as operações, tempos de ciclo, número de operadores e máquinas, além dos pontos de controle e inspeção. O mapeamento do fluxo de valor (VSM) proporcionou uma visão clara das interações entre os processos, evidenciando a relação entre o fluxo físico de peças e o fluxo de informações utilizados no controle e acompanhamento da produção.

Com base nos princípios do Lean Manufacturing, foram identificados diversos tipos de desperdícios que impactam a eficiência da linha, como esperas, transportes manuais, acúmulo de peças entre operações e falhas de comunicação e identificação. A operação 600 destacou-se como o principal gargalo devido ao tempo elevado de medição manual, enquanto as operações 300 e 400 apresentaram riscos de erros por falta de padronização e manutenção das máquinas. Essas constatações evidenciam a necessidade de otimização do fluxo e da organização dos processos, de modo a reduzir atividades que não agregam valor ao produto.

A partir das observações e análises realizadas, foram propostas melhorias pontuais em cada operação, buscando eliminar desperdícios e aumentar a eficiência operacional. As sugestões incluem padronização e sinalização visual (5S), criação de estações de controle mais ergonômicas, implementação de sistemas eletrônicos de medição, ampliação do espaço nas esteiras de acumulação e melhor organização das ferramentas. Tais medidas, fundamentadas nos conceitos Lean, favorecem a fluidez do processo, reduzem o tempo de ciclo e fortalecem a confiabilidade do fluxo produtivo.

## REFERÊNCIAS

- 1 SILVA, Isabela Moreira da; CASAGRANDE, Diego José. A utilização das ferramentas da qualidade Diagrama de Ishikawa e FMEA – Análise de Modos e Efeitos de Falhas nas empresas. *Revista Interface Tecnológica*, Taquaritinga, v. 19, n. 2, p. 708-722, 2022. DOI: <https://doi.org/10.31510/infa.v19i2.1503>.
- 2 RIBEIRO, Ricardo Luís Alves de Oliveira; MACÊDO, Dartagnan Ferreira de; SANTOS, Diego da Guia. Aplicação de ferramentas da qualidade para a implantação de um Sistema de Gestão da Qualidade: estudo de caso no IFAL. *Diversitas Journal*, Santana do Ipanema/AL, v. 6, n. 2, p. 2478-2490, abr./jun. 2021. Disponível em: [https://periodicos.ifal.edu.br/diversitas\\_journal/](https://periodicos.ifal.edu.br/diversitas_journal/). Acesso em: 25 set. 2025.
- 3 ANDRADE, Guilherme Staudt de. Melhoria contínua na alteração de um processo de fabricação em uma indústria metal mecânica. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Campus Ibirubá, Ibirubá, 2023.
- 4 DANIEL, Érika Albina; MURBACK, Fábio Guilherme Ronzelli. Levantamento bibliográfico do uso das ferramentas da qualidade. *Revista de Administração – PUCP Caldas*, v. 2014, Art. 08, 29 dez. 2014. Disponível em: [http://www.pucpcaldas.br/graduacao/administracao/revista/artigos/v2014/artigos\\_v2014.html](http://www.pucpcaldas.br/graduacao/administracao/revista/artigos/v2014/artigos_v2014.html). Acesso em: 25 set. 2025.
- 5 ALMEIDA, Lucas da Costa; SALLES, Sérgio Augusto Faria; CARVALHO, Rafael Ladeira; MORAIS, Alline Sardinha Cordeiro; SILVA, Simone Vasconcelos. BPMN e ferramentas da qualidade para melhoria de processos: um estudo de caso. *GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, v. 14, n. 4, p. 156 - 175, 2019.. Recebido em: 27 fev. 2018; Aprovado em: 17 set. 2018.
- 6 FABRIS, Mairon Henrique. *Ferramentas da qualidade: os benefícios das ferramentas para competitividade*. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Faculdade Anhanguera, Jundiaí, 2022.
- 7 MELLO, Mario Fernando de; CUNHA, Luiza Antonia; SILVA, Nilson Josimar da; ARAÚJO, Anderson Cardoso. A importância da utilização de ferramentas da qualidade como suporte para melhoria de processo em indústria metal mecânica: um estudo de caso. *Exacta: Engenharia e Tecnologia*, v. 15, n. 4, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5585/ExactaEP.v15n4.6898>
- 8 OHNO, Taiichi. O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala. 8. ed. Porto Alegre: Bookman, 1997.

- 9 ROTHER, Mike; SHOOK, John. Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. 1. ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.
- 10 Wolf Brasil. Usinagem. 2025. Disponível em: <https://wolfbrasil.com.br/usinagem/>.