



Jean Carlos Quinot

**MAPEAMENTO DE PROCESSOS APLICANDO VSM PARA IDENTIFICAR
DESPERDÍCIOS GARANTINDO O AUMENTO DA PRODUTIVIDADE**

Horizontina - RS
2025

Jean Carlos Quinot

**MAPEAMENTO DE PROCESSOS APlicando VSM PARA IDENTIFICAR
DESPERDÍCIOS GARANTINDO O AUMENTO DA PRODUTIVIDADE**

Trabalho Final de Curso apresentado como
requisito parcial para a obtenção do título de
bacharel em Engenharia de Produção na
Faculdade Horizontina, sob a orientação do Prof.
Sirnei César Kach, Me.

Horizontina – RS

2025

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar e propor melhorias no processo produtivo de uma metalúrgica de pequeno porte, localizada no município de Horizontina/RS, tendo como foco a fabricação da peça denominada bucha articulada. A pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso, de natureza aplicada e abordagem quantitativa, utilizando como principais ferramentas o Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping – VSM*) e a cronoanálise. A coleta de dados foi realizada por meio de observação direta do processo produtivo, medições de tempos e registros audiovisuais, considerando a produção de pequenos lotes para obtenção de tempos médios. A partir da construção do estado atual do VSM, foi possível identificar gargalos produtivos, tempos de espera elevados, movimentações desnecessárias e desequilíbrios entre as operações. Com base nos resultados obtidos, foi elaborado o mapa do estado futuro, acompanhado de propostas de melhorias voltadas à redução de desperdícios, otimização do fluxo produtivo e aumento da eficiência operacional. Os resultados demonstram que a aplicação conjunta do VSM e da cronoanálise é eficaz para apoiar a tomada de decisão e promover melhorias contínuas em ambientes produtivos de pequeno porte.

Palavras-chave: Mapeamento do Fluxo de Valor. Cronoanálise. Processos produtivos. Melhoria contínua. Engenharia de Produção.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM)	12
Figura 2 – Exemplo ilustrativo de análise de tempos por cronometragem	13
Figura 3 – Representação do método Tambor–Pulmão–Corda (TPC)	20
Figura 4 – Estrutura do método SIPOC (<i>Suppliers, Inputs, Process, Outputs e Customers</i>).....	22
Figura 5 – Ciclo PDCA	25
Figura 6 – Os oito desperdícios do <i>Lean</i>	27
Figura 7 – Etapas metodológicas	31
Figura 8 – Bucha articulada.....	34
Figura 9 – VSM atual.....	35
Figura 10 – Bucha articulada, comparação antes e depois de acabado	36
Figura 11 – Tempo de ciclo por posto – VSM atual.....	37
Figura 12 – Análise de <i>Setup</i> , retrabalho e VA por posto	38
Figura 13 – <i>Kaizens</i> do processo produtivo	39
Figura 14 – Distribuição dos tempos no torno	43
Figura 15 – Distribuição dos tempos no torno	45
Figura 16 – VSM futuro	47
Figura 17 – Cálculo de RPM de como o torno deveria estar operando.....	48
Figura 18 – Distribuição dos tempos no torno	51
Figura 19 – Comparação antes e depois do torno e processo global	52
Figura 20 – Comparação <i>Lead time</i> antes e depois.....	53
Figura 21 – Comparação <i>setup</i> antes e depois.....	53
Figura 22 – Comparação antes e depois do torno	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Diferença entre estudo de tempos e estudo de movimentos.....	14
Quadro 2 – 5W2H	16
Quadro 3 – Os cinco sensos do programa 5S.....	17
Quadro 4 – Exemplos de KPIs industriais	23
Quadro 5 – Matriz GUT aplicada aos <i>Kaizens</i> do processo produtivo	40
Quadro 6 – Plano de ação 5W2H.....	44

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	TEMA	8
1.2	DELIMITAÇÃO DO TEMA	8
1.3	PROBLEMA DE PESQUISA	8
1.4	HIPÓTESES	9
1.5	JUSTIFICATIVA	9
1.6	OBJETIVOS	10
1.6.1	Objetivo geral	10
1.6.2	Objetivos específicos.....	10
2	REVISÃO DA LITERATURA	11
2.1	MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR (VSM)	11
2.2	CRONOANÁLISE	12
2.3	TEMPOS E MOVIMENTOS	13
2.4	KAIZEN	15
2.5	PLANO DE AÇÃO (5W2H).....	15
2.6	5S	16
2.7	BALANCEAMENTO DE POSTOS	18
2.8	NIVELAMENTO DE LINHA	18
2.9	GARGALOS DE PRODUÇÃO.....	19
2.10	TEORIA DAS RESTRIÇÕES (TOC)	19
2.11	OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS	21
2.12	INDICADORES DE DESEMPENHO (KPIs).....	22
2.13	SIMULAÇÕES DE PROCESSOS	23
2.14	LAYOUT.....	24
2.15	PDCA	25
2.16	LEAN MANUFACTURING.....	26
2.17	MANUFATURA DE MATERIAIS	28
2.18	PRODUTIVIDADE	29
3	METODOLOGIA	30
3.1	MÉTODOS E TÉCNICAS	30
3.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	31
4	RESULTADOS.....	33
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	33
4.2	CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO	33
4.3	MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR – ESTADO ATUAL	34
4.4	ANÁLISE CRÍTICA DO VSM ATUAL	37
4.5	MATRIZ GUTH.....	39
4.6	BRAINSTORMING	41
4.7	DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....	41
4.8	5 PORQUÊS	42
4.9	5W2H	44
4.10	VSM FUTURO	45
4.11	INTERVENÇÕES PROPOSTAS PARA O ESTADO FUTURO	48
4.12	QUANTIFICAÇÃO DOS GANHOS COM O VSM FUTURO	50
	CONCLUSÃO	55
	REFERÊNCIAS.....	57
	APÊNDICE A – SIMOGRAMA A DO PROCESSO	59
	APÊNDICE B – SIMOGRAMA B DO PROCESSO	60

APÊNDICE C – DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....61

1 INTRODUÇÃO

A constante busca por maior produtividade, redução de desperdícios e otimização de recursos tem impulsionado as organizações a adotarem ferramentas e metodologias voltadas à melhoria contínua dos seus processos produtivos. Nesse contexto, empresas do setor metalomecânico, especialmente as de pequeno porte, enfrentam desafios significativos, principalmente por operarem com estruturas enxutas e, muitas vezes, sem o uso de técnicas sistematizadas de gestão da produção.

Ferramentas como o VSM (*Value Stream Mapping* ou Mapeamento do Fluxo de Valor) e a cronoanálise destacam-se como instrumentos eficazes para analisar, diagnosticar e propor melhorias nos processos produtivos. Enquanto o VSM permite uma visualização ampla do fluxo de valor e identificação de etapas que não agregam valor ao produto final, a cronoanálise possibilita o levantamento detalhado dos tempos de execução, paradas e movimentações, fornecendo subsídios concretos para intervenções assertivas.

Considerando esse cenário, o presente trabalho se propõe a aplicar essas ferramentas no processo produtivo de uma empresa metalomecânica de pequeno porte localizada no município de Horizontina/RS, com foco na fabricação de uma peça específica: a bucha articulada. A escolha por essa peça deve-se à sua importância na produção da empresa e à percepção de possíveis ineficiências operacionais ainda não mapeadas formalmente.

Diante desse cenário, o problema de pesquisa deste trabalho consiste em como aumentar a produtividade da peça bucha articulada em uma empresa metalomecânica de pequeno porte, considerando a necessidade de redução do tempo de produção e a eliminação de ineficiências ao longo do processo produtivo. A pesquisa parte da aplicação do *Value Stream Mapping* (VSM) e da cronoanálise como meios para identificar gargalos, desperdícios e oportunidades de melhoria, visando elevar o desempenho produtivo e a eficiência operacional da organização.

A relevância deste estudo está na possibilidade de evidenciar pontos críticos do processo analisado, propondo melhorias com base em dados reais e aplicando conceitos amplamente discutidos no campo da engenharia de produção. Além disso, reforça-se o valor acadêmico da pesquisa ao demonstrar, na prática, a aplicação de técnicas clássicas de análise de processos em contextos reais e locais.

Com base nisso, este trabalho tem como objetivo geral propor melhorias no processo produtivo da bucha articulada por meio do uso do VSM e da cronoanálise. A partir desse direcionamento, foram estabelecidos objetivos específicos que orientam o desenvolvimento da pesquisa, sendo apresentados nas seções seguintes.

1.1 TEMA

VSM aplicado ao mapeamento de processos para identificação de oportunidades para melhorias no processo de manufatura.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este estudo encontra-se delimitado à aplicação de ferramentas de gestão e análise de processos vinculadas à filosofia *Lean Manufacturing*, com ênfase no mapeamento do fluxo de valor e na cronoanálise.

No ambiente fabril, a pesquisa foi circunscrita ao processo de fabricação da bucha articulada, iniciando-se na chegada da matéria-prima ao setor de corte e encerrando-se na etapa final de estocagem do produto acabado. Todo o percurso do fluxo interno foi considerado, incluindo corte, torneamento, prensagem, furação e armazenamento temporário. Não fazem parte desta pesquisa atividades externas ao fluxo produtivo direto, como inspeção final, gestão de compras, planejamento de produção ou análises de custos.

Quanto ao recorte temporal, o estudo foi desenvolvido ao longo do primeiro e segundo semestre de 2025. Dessa forma, a pesquisa se limita a analisar o comportamento do processo dentro desse intervalo e a sugerir intervenções restritas ao fluxo de valor do componente estudado.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

Diante da ausência de métodos estruturados de análise e de gestão do processo produtivo em uma empresa metalomecânica, torna-se necessário investigar a existência de etapas que apresentem gargalos na fabricação da bucha articulada e que comprometam a eficiência operacional. A falta de padronização, aliada à variabilidade nos tempos de operação e ao acúmulo de estoque em processo, tem gerado aumento no *lead time*, retrabalhos recorrentes e instabilidade no fluxo

produtivo, dificultando o atendimento à demanda e reduzindo a competitividade da empresa.

Nesse contexto, o estudo foi orientado pela seguinte questão de pesquisa: Como os gargalos e as principais fontes de perdas no processo de fabricação da bucha articulada podem ser identificados e caracterizados, considerando a ausência de padronização e a variabilidade operacional existentes?

1.4 HIPÓTESES

A partir do problema levantado no problema de pesquisa, podem-se estabelecer a seguinte hipótese:

- A aplicação das ferramentas Lean Manufacturing pode contribuir para a redução do tempo de setup do torno e para melhorias na eficiência do processo de fabricação da bucha articulada.

1.5 JUSTIFICATIVA

A busca por maior eficiência nos processos produtivos é um dos principais desafios enfrentados pelas empresas do setor metalomecânico, especialmente aquelas de pequeno porte que, muitas vezes, não dispõem de métodos estruturados de análise e gestão da produção. Nesse contexto, ferramentas de otimização tornam-se estratégias fundamentais para identificar desperdícios, gargalos e oportunidades de melhoria nos fluxos operacionais.

A escolha pela análise do processo produtivo da bucha articulada justifica-se por se tratar de uma peça relevante e que apresenta indícios de ineficiências ainda não mapeadas formalmente. Como a organização não adota atualmente práticas sistematizadas de gestão de produção, este estudo pode fornecer subsídios técnicos e visuais para a tomada de decisões mais assertivas, contribuindo diretamente para a melhoria da produtividade e para a redução de desperdícios.

Além disso, o trabalho tem relevância acadêmica e prática, pois reforça a aplicação de métodos consagrados da engenharia de produção em ambientes industriais reais, servindo de base para futuras implementações em empresas com perfil semelhante. A proposta também está alinhada com os princípios da melhoria contínua, da redução de desperdícios e da otimização dos recursos produtivos, fundamentais para a competitividade das organizações.

1.6 OBJETIVOS

Nesta seção são apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos do trabalho, os quais orientam o desenvolvimento da pesquisa e delimitam os resultados a serem alcançados.

1.6.1 Objetivo geral

Propor melhorias no processo produtivo do componente bucha articulada por meio da aplicação das ferramentas VSM, visando à identificação de gargalos e otimização da eficiência operacional.

1.6.2 Objetivos específicos

Com base no objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Mapear o fluxo atual de produção da bucha articulada utilizando a ferramenta VSM;
- b) Aplicar a cronoanálise nas etapas do processo produtivo para levantar dados de tempo e identificar desperdícios;
- c) Identificar os principais gargalos e ineficiências no processo analisado;
- d) Propor ações de melhoria baseadas nos resultados obtidos com as ferramentas aplicadas;
- e) Avaliar os possíveis impactos das melhorias propostas sobre o desempenho do processo produtivo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Nesta seção é apresentada a revisão da literatura, abordando os principais conceitos e fundamentos teóricos que sustentam o desenvolvimento do trabalho. São discutidos temas relacionados à gestão e otimização de processos produtivos, com ênfase no VSM, cronoanálise, produtividade, *Lean Manufacturing* e ferramentas de apoio à melhoria contínua, fornecendo base conceitual para a análise e aplicação prática realizadas no estudo.

2.1 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR (VSM)

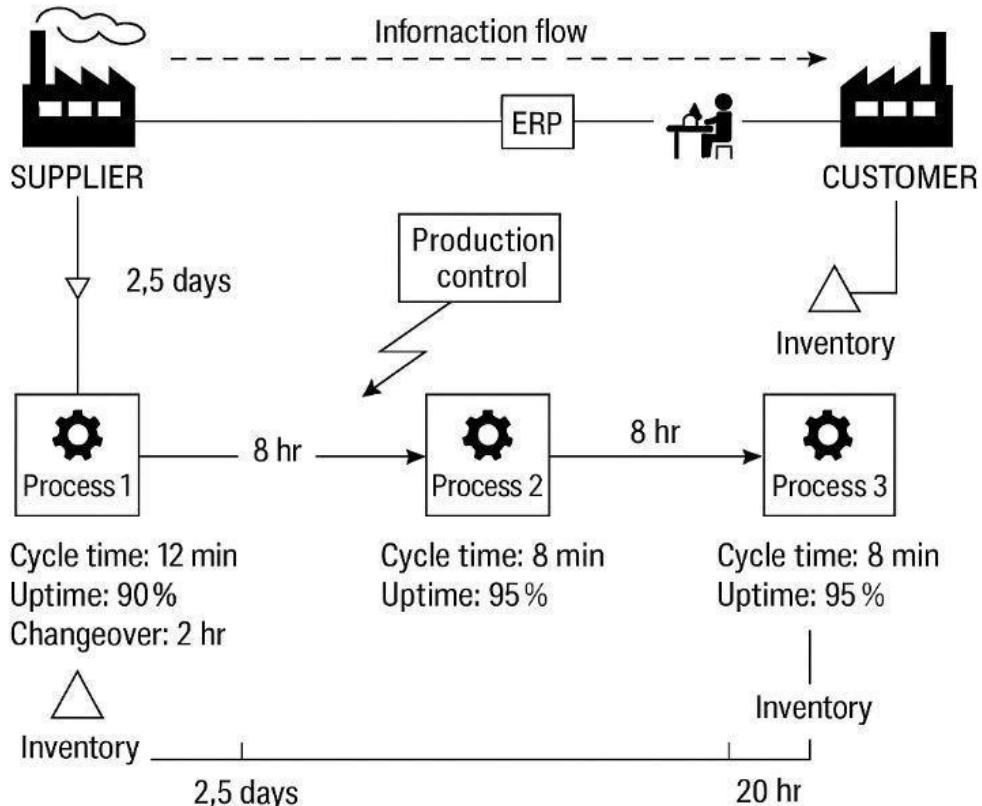
O VSM é uma ferramenta amplamente utilizada na gestão da produção, especialmente dentro do pensamento *Lean*. Seu principal objetivo é representar graficamente o fluxo de materiais e informações necessários para entregar um produto ou serviço ao cliente, permitindo visualizar com clareza onde estão os desperdícios e as etapas que não agregam valor ao processo (Rother; Shook, 2003).

Segundo Womack e Jones (2004), o VSM é essencial para transformar uma cadeia de valor, pois fornece uma visão holística dos processos e permite identificar gargalos, tempos de espera, retrabalhos e outras ineficiências. Com isso, torna-se possível traçar um plano de ação focado na eliminação de desperdícios, na redução do *lead time* e na melhoria contínua.

A aplicação prática desta ferramenta envolve a elaboração de dois mapas principais: o estado atual, que retrata como o processo funciona no momento, e o estado futuro, que propõe um novo fluxo mais enxuto e eficiente. Essa comparação entre os dois estados orienta as mudanças e intervenções necessárias na operação (Medeiros; Lima, 2018).

Na indústria metalomecânica, o VSM tem se mostrado especialmente útil para processos que envolvem diversas etapas de transformação e movimentação de materiais, sendo uma ferramenta estratégica para pequenas e médias empresas que buscam maior competitividade sem grandes investimentos em tecnologia, conforme ilustrado na Figura 1 (Rother; Shook, 2003).

Figura 1 – Exemplo de Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM)



Fonte: Adaptado de Rother e Shook, 2003

A Figura 1, adaptado de Rother e Shook, 2003 mostra o fluxo de produção entre fornecedor e cliente, com tempos de processo, estoques e controle de produção. O texto abaixo explica a cronoanálise como técnica para medir e melhorar tarefas produtivas, reduzindo desperdícios.

2.2 CRONOANÁLISE

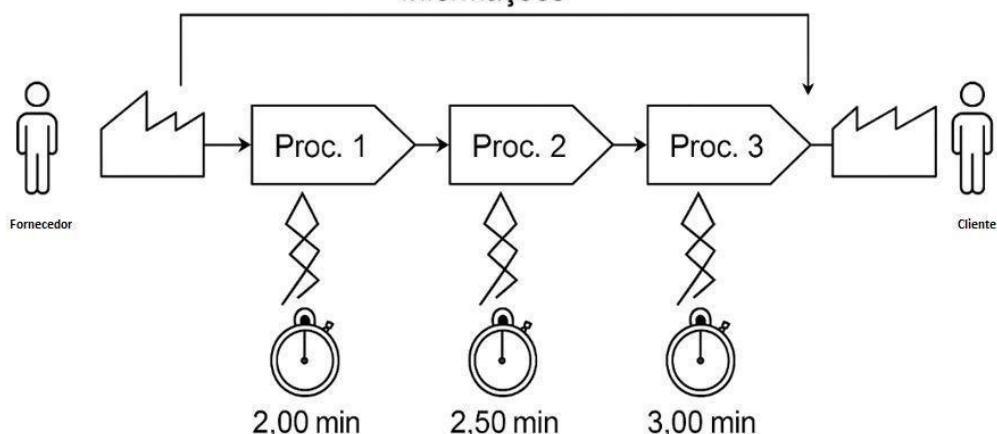
A cronoanálise é uma técnica clássica de estudo de tempos e movimentos, utilizada para analisar detalhadamente o tempo necessário para a execução de tarefas em ambientes produtivos. Seu objetivo principal é identificar desperdícios de tempo, movimentos desnecessários e possibilidades de padronização ou melhoria nas operações (Moreira, 2018).

Segundo Barnes (1977), a cronoanálise envolve a observação direta de uma atividade, cronometrando sua execução repetida com o intuito de obter um tempo médio confiável. A partir desses dados, é possível calcular o tempo padrão de execução, que serve de base para o planejamento, controle e balanceamento da produção.

Essa técnica é especialmente relevante para empresas que buscam melhorar a eficiência sem altos investimentos em automação. Ela permite identificar atrasos causados por pausas excessivas, desorganização do ambiente de trabalho, falhas no layout e inadequações nos métodos de execução (Tubino, 2017).

A cronoanálise é frequentemente associada à engenharia de produção por sua capacidade de fornecer dados objetivos sobre o desempenho operacional (Figura 2). Em contextos industriais, como na fabricação da bucha articulada, sua aplicação auxilia diretamente na identificação de gargalos e na otimização do tempo de ciclo do produto (Barnes, 1977).

Figura 2 – Exemplo ilustrativo de análise de tempos por cronometragem
Informações



Fonte: Adaptado de Barnes, 1977

A representação da figura 2 demonstra, de forma simplificada, como a análise de tempos permite visualizar o comportamento das etapas produtivas e quantificar o desempenho de cada processo.

2.3 TEMPOS E MOVIMENTOS

O estudo de tempos e movimentos é uma técnica fundamental da engenharia de produção que visa aumentar a eficiência e a produtividade por meio da análise sistemática das atividades realizadas pelos operadores. Essa técnica busca eliminar movimentos desnecessários, reduzir o tempo de execução de tarefas e padronizar procedimentos de trabalho (Barnes, 1977).

O estudo de tempos mede o tempo necessário para a realização de uma atividade, utilizando cronometragem ou softwares específicos. Por sua vez, o estudo de movimentos avalia os gestos e deslocamentos executados, buscando reduzir

esforços físicos e reorganizar o posto de trabalho de forma mais ergonômica e eficiente (Gil, 2010).

Segundo Martins e Laugeni (2006), a aplicação conjunta do estudo de tempos e movimentos é uma das formas mais eficazes de reduzir custos operacionais, melhorar a produtividade e criar bases sólidas para o balanceamento de linhas e definição de tempos padrão. Essas análises se tornaram ainda mais relevantes com a popularização das filosofias *Lean* e *Seis Sigma*, que valorizam a eliminação de desperdícios e a melhoria contínua dos processos. Ao entender como cada segundo e cada gesto são utilizados no processo produtivo, é possível propor intervenções que otimizem significativamente o desempenho global da operação.

Quadro 1 – Diferença entre estudo de tempos e estudo de movimentos

ASPECTO	ESTUDO DE TEMPOS	ESTUDO DE MOVIMENTOS
Foco principal	Tempo gasto para execução da atividade	Gestos e deslocamentos realizados
Objetivo	Determinar tempo padrão	Reducir movimentos desnecessários
Ferramentas comuns	Cronômetro, softwares de medição	Filmagens, diagramas de processos
Benefício principal	Planejamento e controle da produção	Melhoria ergonômica e eficiência do trabalho

Fonte: Adaptado de Barnes, 1977 e Gil, 2010

O Quadro 1, adaptado de Barnes, 1977 e Gil, 2010 evidencia que, embora o estudo de tempos e o estudo de movimentos sejam ferramentas complementares dentro da análise de métodos e processos, cada um possui um foco distinto e contribuições específicas. Enquanto o estudo de tempos concentra-se na mensuração da duração das atividades para determinação de padrões e planejamento produtivo, o estudo de movimentos busca identificar e eliminar deslocamentos desnecessários, aumentando a ergonomia e a eficiência operacional. Assim, a integração dessas duas abordagens permite uma compreensão mais completa do trabalho, oferecendo subsídios tanto para a definição de tempos mais realistas quanto para a melhoria contínua do processo produtivo (Barnes, 1977; Gil, 2010).

2.4 KAIZEN

O termo *Kaizen* tem origem japonesa e significa "mudança para melhor" ou "melhoria contínua". No contexto da gestão da produção, *Kaizen* representa uma filosofia de trabalho que busca o aperfeiçoamento constante de processos, produtos e ambientes, com o envolvimento direto de todos os colaboradores, desde a alta gestão até o chão de fábrica (Iwao, 1994).

Em vez de grandes mudanças estruturais, o *Kaizen* valoriza pequenas melhorias contínuas. Com o tempo, essas ações geram ganhos significativos em produtividade, qualidade e redução de desperdícios (Moura, 2016). Trata-se de uma abordagem que incentiva a observação crítica do processo e o engajamento da equipe na identificação de problemas e proposição de soluções.

De acordo com Liker (2005), o *Kaizen* é um dos pilares do TPS (Sistema Toyota de Produção) e se sustenta em dois fundamentos principais: o respeito pelas pessoas e a melhoria contínua. Empresas que aplicam corretamente essa filosofia tendem a desenvolver uma cultura organizacional mais participativa, eficiente e focada em resultados sustentáveis.

No ambiente industrial, o *Kaizen* pode ser operacionalizado por meio de eventos *Kaizen* (*Kaizen Blitz*), que são ações concentradas para resolver problemas específicos em curtos períodos, além de reuniões regulares de equipe, uso de painéis visuais e ferramentas como o ciclo PDCA, 5S e análise de causas (Liker, 2005).

2.5 PLANO DE AÇÃO (5W2H)

O plano de ação 5W2H é uma ferramenta gerencial amplamente utilizada para estruturar e organizar a implementação de melhorias ou resolução de problemas nos processos produtivos. A sigla 5W2H deriva das iniciais, em inglês, de sete perguntas fundamentais que devem ser respondidas para garantir clareza e objetividade na execução de uma ação (Lapa, 2015).

As sete perguntas são: *What?* (O quê será feito?), *Why?* (Por que será feito?), *Where?* (Onde será feito?), *When?* (Quando será feito?), *Who?* (Por quem será feito?), *How?* (Como será feito?) e *How much?* (Quanto vai custar?). A simplicidade e a eficácia do método o tornam bastante aplicável em indústrias de todos os portes, inclusive em empresas metalomecânicas de pequeno porte, como no caso deste estudo (Lapa, 2015).

De acordo com Campos (2004), o 5W2H contribui para o desdobramento das ações em tarefas específicas, com responsáveis e prazos definidos, facilitando o acompanhamento e a responsabilização. Além disso, o autor complementa afirmando que promove maior alinhamento entre as equipes, já que todos os envolvidos têm uma visão clara das etapas a serem cumpridas.

A aplicação do 5W2H é geralmente combinada com outras ferramentas da qualidade, como o PDCA ou o *Kaizen*, sendo uma excelente alternativa para garantir que as soluções propostas com base em análises como o VSM e a cronoanálise sejam efetivamente implementadas (Campos, 2004), conforme Quadro 2.

Quadro 2 – 5W2H

O que?	Quem?	Onde?	Por quê?	Quando?	Como?	Quanto?
Aumentar a temperatura do forno	José	Forno 2W5C	Diminuição da duração do processo	01/mai	Aumentar potência do motor	Aumento de 0,5% do custo operacional
Incluir inspeção durante o processo	Carlos	Linha 17	Diminuir refugo	05/junho	Aumentar um operador	1 salário + benefícios
Reunião de segurança no início do turno	Larissa	Unidade de BH	Diminuição de acidentes	07/mai	Reunião com o supervisor de segurança	5 minutos iniciais do turno (Custo zero)
Comprar novo sistema de manutenção	Roberto	Unidade SP	Muitos dias fora da meta de produção	01/março	Implantação de novo sistema pela Manutenção	R\$ 20.000,00

Fonte: adaptado de Campos, 2004

O Quadro 2, adaptado de Campos, 2004 demonstra como o 5W2H organiza ações de melhoria de forma clara e objetiva, definindo responsabilidades, prazos, recursos e justificativas para cada atividade. Essa estrutura garante que as propostas identificadas nas análises — como VSM e cronoanálise — sejam transformadas em planos de ação viáveis e alinhados às necessidades do processo, facilitando sua implementação e acompanhamento.

2.6 5S

O programa 5S é uma metodologia japonesa voltada para a organização, padronização e melhoria do ambiente de trabalho. É considerado um dos pilares da filosofia *Lean* e atua como base para outras práticas de melhoria contínua. O termo

"5S" representa cinco palavras japonesas que começam com a letra "S", cada uma associada a um princípio organizacional (Chiavenato, 2014).

Conforme Chiavenato (2014), os cinco sensos são:

- *Seiri* (Senso de Utilização): separar o necessário do desnecessário e eliminar excessos;
- *Seiton* (Senso de Ordenação): organizar os itens de forma acessível e lógica;
- *Seisō* (Senso de Limpeza): manter o ambiente sempre limpo e livre de resíduos;
- *Seiketsu* (Senso de Padronização): estabelecer padrões de organização e limpeza;
- *Shitsuke* (Senso de Disciplina): cultivar o hábito de seguir os padrões estabelecidos.

Segundo Slack, Brandon-Jones e Johnston (2019), o programa 5S promove ambientes de trabalho mais seguros, eficientes e agradáveis, reduzindo desperdícios, falhas operacionais e contribuindo para o engajamento das equipes. Embora seja simples, o 5S tem impacto profundo na cultura organizacional e costuma ser um dos primeiros passos na implantação de práticas de melhoria contínua em empresas industriais (Quadro 3).

Quadro 3 – Os cinco sensos do programa 5S

SENSO	TERMO JAPONÊS	OBJETIVO PRINCIPAL
Utilização	<i>Seiri</i>	Eliminar o desnecessário
Ordenação	<i>Seiton</i>	Organizar o necessário de forma eficiente
Limpeza	<i>Seisō</i>	Manter o ambiente limpo
Padronização	<i>Seiketsu</i>	Estabelecer e manter padrões de organização
Disciplina	<i>Shitsuke</i>	Criar o hábito de manter e seguir os padrões

Fonte: Adaptado de Chiavenato, 2014 e Slack, Brandon-Jones e Johnston, 2019

A aplicação do 5S em uma empresa metalomecânica, como a abordada neste trabalho, pode gerar benefícios diretos como a redução do tempo de busca por ferramentas, melhor aproveitamento do espaço físico e aumento da moral da equipe, refletindo em ganhos operacionais concretos.

2.7 BALANCEAMENTO DE POSTOS

O balanceamento de postos de trabalho é uma técnica aplicada com o objetivo de distribuir uniformemente as tarefas entre as estações de uma linha de produção, buscando minimizar o tempo ocioso e evitar sobrecarga de trabalho em determinados pontos do processo. Essa prática visa melhorar o fluxo produtivo, reduzir gargalos e aumentar a eficiência operacional (Tubino, 2017).

De acordo com Martins e Laugeni (2006), o balanceamento é essencial para garantir que todos os postos de trabalho estejam em sincronia, operando dentro de um tempo ciclo compatível com a demanda do produto. Quando mal distribuídas, as tarefas podem gerar atrasos, acúmulo de material em processo, ou até mesmo interrupções na linha de produção.

Para realizar o balanceamento de forma eficaz, é necessário conhecer detalhadamente os tempos das atividades, o que pode ser obtido por meio da cronoanálise e sequenciar as operações de forma lógica e fluida. Ferramentas como o gráfico de precedência e algoritmos de balanceamento, como o método da “diferença maior”, podem ser aplicados para apoiar a tomada de decisão. A busca pelo equilíbrio entre os postos também favorece a ergonomia, reduz o desgaste físico dos operadores e colabora para um ambiente produtivo mais sustentável. Em pequenas empresas, onde há limitação de recursos e pessoal, o balanceamento bem executado pode representar um diferencial competitivo (Martins; Laugeni 2006).

2.8 NIVELAMENTO DE LINHA

O nivelamento de linha, também denominado *heijunka* no TPS, é uma técnica utilizada para equilibrar a produção ao longo do tempo, suavizando variações tanto no volume quanto na variedade dos produtos. Segundo Liker (2005), essa abordagem busca evitar picos produtivos e períodos de ociosidade, promovendo um fluxo contínuo e mais previsível.

Diferentemente da simples programação de produção, o nivelamento busca criar uma cadência uniforme, mesmo em cenários com demandas variáveis. Isso é possível por meio da padronização de lotes, balanceamento de tarefas e programação eficiente das ordens de produção, contribuindo para a estabilidade operacional (Liker, 2005).

O nivelamento, segundo Slack, Brandon-Jones e Johnston (2019), contribui para reduzir desperdícios como excesso de estoque, retrabalho e espera. Quando combinado com o balanceamento de postos e a cronoanálise, torna-se uma ferramenta eficaz para aumentar a eficiência produtiva. Em empresas de pequeno porte, como a estudada neste trabalho, o nivelamento pode ser adotado de forma simplificada, auxiliando no uso racional dos recursos disponíveis e na previsibilidade das entregas ao cliente.

2.9 GARGALOS DE PRODUÇÃO

Gargalo é o termo utilizado para designar o ponto mais lento ou restritivo dentro de um processo produtivo, capaz de limitar o desempenho global da operação. Ele representa a etapa cuja capacidade é inferior às demais, criando filas, acúmulo de trabalho em processo e aumento no tempo total de produção (Corrêa; GIANESI, 2011).

A identificação e o tratamento de gargalos são fundamentais para a melhoria contínua, uma vez que o desempenho de todo o sistema está condicionado à eficiência do seu elo mais fraco. Segundo Goldratt (1990), é inútil otimizar partes do processo que não são gargalos, pois isso não aumentará a capacidade global da produção.

2.10 TEORIA DAS RESTRIÇÕES (TOC)

Conforme argumenta Goldratt (1990), a TOC (*Theory of Constraints*) parte do princípio de que toda organização possui, em seu sistema produtivo, ao menos uma restrição que limita seu desempenho global. A partir da identificação e do tratamento dessa limitação, é possível elevar de forma significativa a produtividade e a eficiência dos processos.

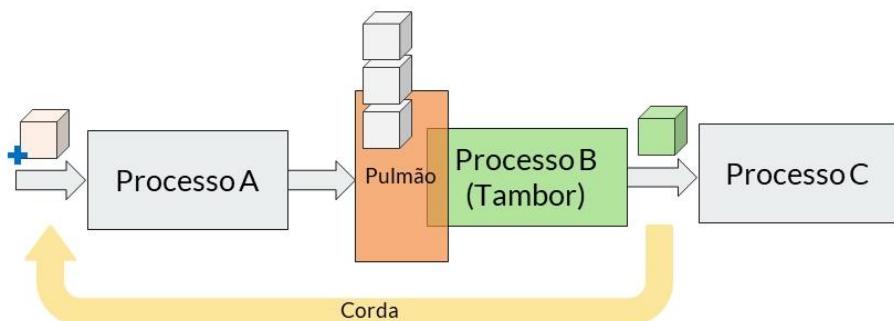
De acordo com a Teoria das Restrições (TOC), a melhoria contínua deve focar prioritariamente no gargalo do processo, pois é ele que define o ritmo de toda a produção. Goldratt (1990) propõe um ciclo conhecido como os “Cinco Passos Focais”, que orienta as ações de identificar a restrição, explorá-la ao máximo, subordinar os demais processos ao seu ritmo, elevar sua capacidade e, quando superada, reiniciar o ciclo.

Além desses princípios, (Goldratt, 1984) também estruturou o método operacional denominado Tambor–Pulmão–Corda (TPC) para sincronizar o fluxo

produtivo. Nesse modelo, o Tambor representa a restrição do processo, funcionando como o elemento que dita o ritmo de produção para toda a fábrica. O Pulmão é um estoque de proteção estrategicamente posicionado antes da restrição, garantindo que o setor gargalo nunca fique ocioso por falta de material. Já a Corda corresponde ao mecanismo de comunicação e liberação do material no início do processo, assegurando que a produção avance em concordância com a capacidade do gargalo e evitando acúmulo excessivo de estoques intermediários.

Autores contemporâneos reforçam a importância da TOC como uma ferramenta prática para empresas de pequeno porte, especialmente em setores industriais com recursos limitados. Ribeiro *et al.* (2018) destacam que, ao focar em mudanças pontuais e sistematicamente orientadas pela restrição, a TOC possibilita ganhos rápidos e sustentáveis, sem necessidade de grandes investimentos. Além disso, quando integrada ao mapeamento do fluxo de valor, ao estudo de tempos e movimentos ou a práticas *Lean*, a TOC amplia a análise sistêmica do processo e direciona decisões baseadas em restrições reais (Figura 3).

Figura 3 – Representação do método Tambor–Pulmão–Corda (TPC)



Fonte: adaptado de Goldratt, 1990

A Figura 3 ilustra o funcionamento do sistema Tambor–Pulmão–Corda, evidenciando a relação entre os elementos que controlam o fluxo de produção segundo a capacidade da restrição. O Tambor define o ritmo produtivo, o Pulmão protege a operação crítica contra interrupções e a Corda sincroniza o restante do processo à cadência estabelecida pelo gargalo. Essa representação reforça a lógica central da TOC e demonstra visualmente como a estabilidade e o fluxo contínuo dependem do balanceamento adequado entre esses três componentes (Goldratt, 1984).

2.11 OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS

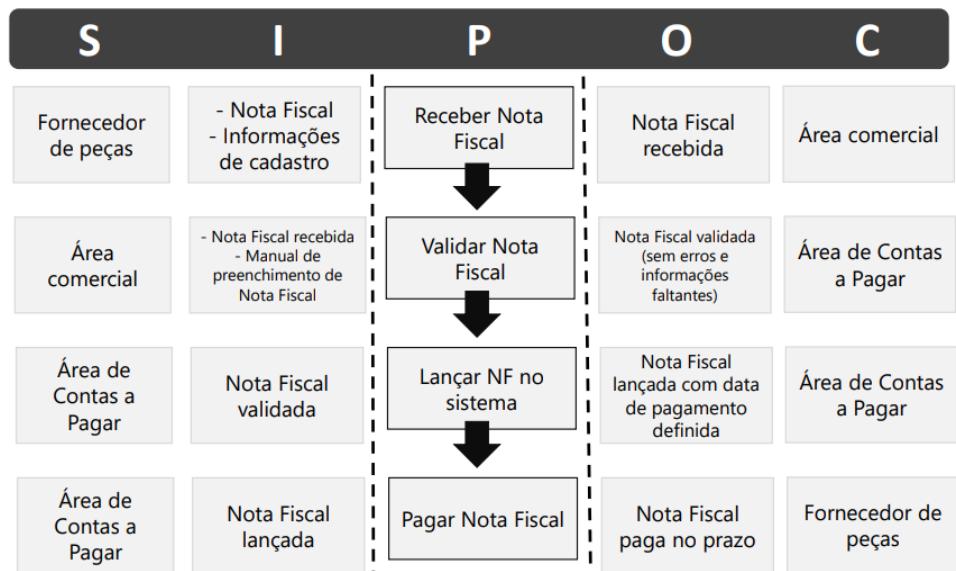
A otimização de processos é um conjunto de práticas voltadas à melhoria do desempenho operacional de uma organização, com foco na redução de desperdícios, na melhoria da eficiência e no aumento da qualidade dos produtos ou serviços. Trata-se de uma abordagem essencial para empresas que buscam competitividade em mercados cada vez mais exigentes (Slack, Brandon-Jones e Johnston, 2019).

Segundo Harrington (1991), otimizar um processo não significa apenas acelerá-lo, mas aprimorar a forma como as atividades são executadas, eliminando etapas desnecessárias, simplificando operações e reduzindo variações indesejadas. Esse processo exige uma análise crítica de cada fase do fluxo produtivo, fundamentada em dados concretos e no envolvimento das equipes operacionais.

Em abordagens mais atuais, a otimização está fortemente conectada às tecnologias digitais, à integração de dados e ao uso de ferramentas *Lean*. De acordo com Santos e Corrêa (2020), empresas que adotam metodologias estruturadas de análise, como o mapeamento do fluxo de valor (VSM), o método SIPOC e a utilização de indicadores de desempenho, alcançam ganhos significativos mesmo em ambientes com recursos limitados.

O SIPOC é uma ferramenta de alto nível utilizada para representar processos de maneira estruturada, cujo nome corresponde às iniciais de *Suppliers, Inputs, Process, Outputs e Customers* (Fornecedores, Entradas, Processo, Saídas e Clientes). Seu objetivo é fornecer uma visão macro do fluxo analisado, identificando quem fornece as entradas, quais são os insumos necessários, como o processo se desenvolve, quais resultados são gerados e quem são os destinatários dessas saídas. Essa representação facilita a compreensão das inter-relações entre etapas, auxilia na identificação de falhas e inconsistências e serve como base para estudos posteriores de melhoria contínua. Assim, a integração do SIPOC com ferramentas como VSM e indicadores de desempenho amplia a capacidade analítica e contribui para uma visão sistêmica do processo produtivo, conforme Santos e Corrêa (2020) (Figura 4).

Figura 4 – Estrutura do método SIPOC (*Suppliers, Inputs, Process, Outputs e Customers*)



Fonte: adaptado de Santos e Corrêa, 2020

No contexto da engenharia de produção, especialmente em empresas metalomecânicas de pequeno porte, a otimização de processos pode ser alcançada por meio da aplicação conjunta de ferramentas como cronoanálise, 5S, PDCA, entre outras. O resultado esperado é um processo mais fluido, econômico e alinhado com os objetivos estratégicos da organização Santos e Corrêa (2020).

2.12 INDICADORES DE DESEMPENHO (KPIs)

Indicadores de Desempenho, conhecidos pela sigla KPI (*Key Performance Indicators*), são métricas utilizadas para medir e monitorar o desempenho de processos, setores ou da organização como um todo. Eles são essenciais para a gestão baseada em dados, permitindo acompanhar o progresso em relação aos objetivos estratégicos e operacionais (Parisi, 2012).

Um bom KPI deve ser específico, mensurável, atingível, relevante e temporalmente definido (critérios SMART). De acordo com Slack, Brandon-Jones e Johnston (2019), a seleção dos KPIs deve estar alinhada com os fatores críticos de sucesso da empresa, para que sirvam como base de tomada de decisão e melhoria contínua.

Na indústria, é comum o uso de indicadores como eficiência global do equipamento (OEE), índice de refugo, tempo médio entre falhas e tempo médio de reparo. Esses KPIs oferecem uma visão objetiva sobre o desempenho da produção,

qualidade, manutenção e logística, sendo fundamentais para identificar gargalos, avaliar ações corretivas e propor otimizações.

Santos e Ferreira (2021) destacam que, em empresas de menor porte, a simplicidade e clareza dos KPIs são ainda mais relevantes, pois muitas vezes há limitação de ferramentas analíticas e recursos humanos (Quadro 4).

Quadro 4 – Exemplos de KPIs industriais

Indicador (KPI)	Finalidade principal	Fórmula básica
OEE (Eficiência Global)	Avaliar o aproveitamento de máquinas	Disponibilidade × Performance × Qualidade
Índice de Refugo	Medir perdas por produtos defeituosos	(Peças refugadas / Total produzido) × 100
MTBF (Tempo entre falhas)	Monitorar confiabilidade de equipamentos	Tempo total de operação / nº de falhas
MTTR (Tempo de reparo)	Medir agilidade da manutenção corretiva	Tempo total de reparo / nº de falhas

Fonte: Adaptado de Slack, Brandon-Jones e Johnston, 2019; Santos e Ferreira, 2021

Portanto, a escolha correta e o acompanhamento sistemático de poucos indicadores-chave pode gerar grandes avanços operacionais.

2.13 SIMULAÇÕES DE PROCESSOS

A simulação de processos é uma técnica utilizada para representar e analisar o comportamento de um sistema produtivo por meio de modelos computacionais ou gráficos. Ela permite avaliar o desempenho de diferentes cenários sem a necessidade de intervenções diretas no processo real, o que reduz riscos, custos e tempo (Law; Kelton, 2000).

Por meio da simulação, é possível testar alterações no *layout*, na alocação de recursos, nos tempos de operação ou no fluxo de materiais, antecipando resultados antes da implementação. Segundo Pereira e Lima (2021), essa abordagem tem sido cada vez mais adotada, especialmente em pequenas e médias empresas, devido ao avanço de softwares acessíveis e intuitivos.

Na prática, simular processos ajuda na tomada de decisão ao fornecer dados projetados de indicadores como tempo de ciclo, utilização de recursos, formação de filas e gargalos. Isso permite otimizar o desempenho do sistema e identificar os impactos de mudanças sem comprometer a operação em andamento. Embora não

seja o foco central deste trabalho, a simulação é complementar ao uso de ferramentas como VSM e cronoanálise, sendo útil principalmente na etapa de validação das melhorias propostas (Pereira; Lima, 2021).

2.14 LAYOUT

O *layout* industrial refere-se à disposição física dos recursos produtivos em um ambiente de trabalho, incluindo máquinas, equipamentos, pessoas e materiais. Um *layout* bem planejado é fundamental para garantir o fluxo eficiente de produção, minimizar deslocamentos, reduzir tempo de processamento e aumentar a produtividade (Slack; Brandon-Jones; Johnston, 2019).

De acordo com Slack, Brandon-Jones e Johnston (2019) existem diferentes tipos de *layout*, cada um adequado a uma realidade específica de produção. Os principais são:

- *Layout* por produto (ou em linha): utilizado quando há produção contínua e padronizada;
- *Layout* por processo: indicado quando diferentes produtos utilizam os mesmos recursos, mas em sequência variável;
- *Layout* celular: agrupa máquinas em células para produção de famílias de produtos similares;
- *Layout* por posição fixa: empregado quando o produto é grande ou difícil de mover, como na construção naval ou civil.

Segundo Corrêa e Gianesi (2011), a escolha do *layout* deve considerar fatores como volume de produção, variedade de produtos, fluxo de materiais e ergonomia. Um *layout* mal estruturado pode causar excesso de movimentação, filas, desperdícios e até acidentes de trabalho.

Em empresas metalomecânicas de pequeno porte, o redesenho do *layout* costuma gerar ganhos expressivos com baixo investimento, sendo uma alternativa viável para melhorar o desempenho do sistema produtivo. A análise de *layout* está frequentemente associada ao uso do VSM e da cronoanálise, que revelam os impactos de movimentações desnecessárias e tempos de espera (Corrêa; Gianesi, 2011).

2.15 PDCA

O ciclo PDCA é uma metodologia de gestão voltada à melhoria contínua de processos, amplamente utilizada na engenharia de produção e na administração. A sigla representa as quatro etapas do ciclo: PDCA. O objetivo do PDCA é promover a padronização e o aperfeiçoamento constante das atividades organizacionais (Campos, 2004).

A etapa *Plan* consiste na identificação de problemas, análise de causas e elaboração de um plano de ação. Em seguida, na fase *Do*, o plano é colocado em prática. Na etapa *Check*, os resultados são verificados e comparados com os objetivos definidos. Por fim, na fase *Act*, caso os resultados sejam satisfatórios, as ações são padronizadas; se não forem, inicia-se um novo ciclo com os ajustes necessários (Campos, 2004).

Segundo Slack, Brandon-Jones e Johnston (2019), o PDCA é uma ferramenta de fácil aplicação, sendo eficaz tanto em ambientes simples quanto em sistemas complexos. Seu uso sistemático fortalece a cultura da melhoria contínua, favorecendo a redução de erros, a tomada de decisão baseada em dados e o aprendizado organizacional (Figura 5).

Figura 5 – Ciclo PDCA



Fonte: Adaptado de Campos, 2004

A figura 5 ilustra o funcionamento do ciclo PDCA, que, segundo Campos (2004), orienta a melhoria contínua por meio de quatro etapas estruturadas. O modelo demonstra que a identificação do problema, a implementação das ações, a verificação dos resultados e a padronização das práticas formam um fluxo contínuo, que deve ser repetido sempre que necessário para elevar o desempenho organizacional. Essa representação visual reforça a função do PDCA como método de acompanhamento e controle, especialmente quando integrado a ferramentas como VSM e cronoanálise no ambiente produtivo (Slack; Brandon-Jones; Johnston, 2019).

Na prática, o ciclo PDCA é frequentemente integrado a outras ferramentas da qualidade, como o 5S, 5W2H e *Kaizen*, sendo especialmente útil para acompanhar e validar melhorias propostas com base em análises como VSM e cronoanálise (Slack; Brandon-Jones; Johnston, 2019).

2.16 LEAN MANUFACTURING

O *Lean*, também conhecido como *Lean Manufacturing* ou Sistema Enxuto de Produção, é uma filosofia de gestão que busca eliminar desperdícios e aumentar o valor entregue ao cliente, utilizando o mínimo de recursos possível. Sua origem está no TPS, desenvolvido no Japão após a Segunda Guerra Mundial, e desde então tem sido amplamente adotado por organizações em todo o mundo (Womack; Jones, 2004).

Os princípios fundamentais do *Lean* envolvem:

- a) Definir valor na perspectiva do cliente;
- b) Mapear o fluxo de valor;
- c) Estabelecer fluxo contínuo;
- d) Permitir que o cliente puxe a produção (sistema *pull*);
- e) Buscar a perfeição por meio da melhoria contínua.

Segundo Liker (2005), a aplicação do *Lean* vai além de técnicas e ferramentas; trata-se de uma mudança cultural baseada em respeito às pessoas e foco na eficiência. Ferramentas como VSM, 5S, *Kanban*, *Kaizen* e *Just in Time* são derivadas ou associadas à filosofia *Lean* e compõem um sistema integrado de gestão (Figura 6).

Figura 6 – Os oito desperdícios do *Lean*



Fonte: Adaptado de Womack e Jones, 2004

A Figura 6 apresenta os oito desperdícios definidos por Womack e Jones (2004), reforçando que a filosofia *Lean* se fundamenta na identificação e eliminação de atividades que não agregam valor ao cliente. A visualização permite compreender como cada tipo de perda se manifesta no ambiente produtivo e evidencia a importância de analisar o fluxo de trabalho de forma sistêmica. Esse conjunto de desperdícios serve como base para a seleção de ações de melhoria contínua e sustenta o desenvolvimento de práticas como 5S, VSM, *Kaizen* e análise de tempos e movimentos, todas aplicadas no presente estudo.

Os oito desperdícios, também conhecidos como *eight wastes* ou mudas, representam atividades que consomem recursos sem agregar valor ao cliente. De acordo com Womack e Jones (2004), compreender e eliminar esses desperdícios é essencial para a construção de um fluxo eficiente. Os principais são:

- Superprodução:** produzir antes do necessário ou em quantidade superior à demanda.
- Espera:** tempo ocioso de pessoas, máquinas ou materiais devido a atrasos ou desbalanceamento do processo.

- c) **Transporte:** movimentações excessivas de materiais entre etapas do processo.
- d) **Excesso de Processamento:** etapas adicionais que não agregam valor, como ajustes repetidos ou operações redundantes.
- e) **Estoque:** acúmulo de materiais, WIP ou produtos acabados acima do necessário.
- f) **Movimentação:** deslocamentos desnecessários de operadores durante a execução de tarefas.
- g) **Defeitos:** retrabalhos e rejeições resultantes de erros no processo.
- h) **Talento não aproveitado:** subutilização de habilidades e conhecimento das pessoas, desperdício reconhecido em abordagens *Lean* mais recentes.

Autores recentes destacam que, mesmo em pequenas empresas industriais, a aplicação de práticas *Lean* pode gerar ganhos significativos em produtividade, qualidade e satisfação do cliente. Souza e Alves (2020) reforçam que o *Lean* é adaptável e eficaz quando combinado com diagnóstico preciso do processo, como o proporcionado pela cronoanálise.

2.17 MANUFATURA DE MATERIAIS

A manufatura de materiais é o conjunto de processos envolvidos na transformação de matérias-primas em produtos acabados ou semiacabados. Esses processos incluem operações como corte, conformação, usinagem, fundição, soldagem, tratamento térmico, entre outros. A escolha adequada da tecnologia de manufatura impacta diretamente no custo, qualidade e desempenho do produto (Kalpakjian; Schmid, 2017).

De acordo com Silva, Moura e Moraes (2021), compreender os processos de manufatura é essencial para a engenharia de produção, pois permite selecionar métodos mais eficientes, reduzir perdas e melhorar a produtividade. A integração entre projeto do produto e processos de fabricação é um dos pilares da produção enxuta e da engenharia simultânea.

Na indústria metalomecânica os principais processos envolvem usinagem, corte e soldagem. A cronoanálise e o VSM são particularmente eficazes nesse contexto, pois permitem mapear e mensurar o desempenho de cada etapa de manufatura, evidenciando gargalos, tempos ociosos e movimentações desnecessárias (Silva; Moura; Moraes, 2021).

Além disso, com a introdução de práticas de manufatura avançada, como o uso de materiais alternativos, automação e controle de qualidade em tempo real, espera-se que até mesmo empresas de pequeno porte busquem maior eficiência por meio da modernização de seus processos (Silva; Moura; Moraes, 2021).

2.18 PRODUTIVIDADE

Produtividade é a relação entre os resultados obtidos e os recursos utilizados para alcançá-los. Em termos simples, é a medida da eficiência com que uma organização transforma insumos (como materiais, tempo, energia e trabalho) em produtos ou serviços (Slack, Brandon-Jones e Johnston, 2019).

A melhoria da produtividade é um dos objetivos centrais da engenharia de produção, sendo diretamente influenciada por fatores como *layout*, organização do trabalho, qualificação da mão de obra, tecnologia empregada, métodos de gestão e controle de qualidade. Segundo Chiavenato (2014), a produtividade não depende apenas de esforço, mas de métodos bem definidos e da eliminação sistemática de desperdícios.

Para Souza e Ribeiro (2022), produtividade em ambientes industriais deve ser monitorada por meio de indicadores claros e metas mensuráveis, e não apenas como uma meta genérica. Eles reforçam que o uso de ferramentas como VSM, cronoanálise, 5S e indicadores de desempenho pode gerar impactos significativos mesmo em empresas de pequeno porte, promovendo ganhos sustentáveis com base em dados reais.

Dessa forma, a produtividade deixa de ser apenas um conceito teórico e passa a ser um elemento mensurável e estratégico dentro dos processos de melhoria contínua, como os abordados neste trabalho.

3 METODOLOGIA

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa-ação, modalidade em que o pesquisador participa ativamente do ambiente investigado, colaborando na identificação de problemas, no desenvolvimento de soluções e no acompanhamento dos resultados. Segundo Thiolent (2011), a pesquisa-ação visa não apenas compreender os fenômenos, mas também promover mudanças práticas no contexto estudado, articulando teoria e prática de forma participativa.

Conforme Silva e Andrade (2020), esse tipo de abordagem é estruturado em ciclos contínuos de planejamento, ação, observação e reflexão, permitindo que o pesquisador avalie as consequências das intervenções e realize ajustes durante o processo. Essa metodologia é amplamente aplicada em estudos de engenharia de produção, especialmente em projetos voltados à melhoria de processos industriais e à eliminação de desperdícios por meio das ferramentas do *Lean Manufacturing*.

Em relação à natureza da pesquisa, trata-se de um estudo de caráter aplicado, pois busca gerar conhecimento voltado à solução de problemas práticos no ambiente industrial. Quanto à abordagem, apresenta um método misto, combinando elementos quantitativos e qualitativos:

- quantitativo, pela mensuração dos tempos de processo e cálculo de indicadores de desempenho obtidos por meio da cronoanálise;
- qualitativo, pela observação direta das atividades, entrevistas informais com os operadores e análise das condições de trabalho, fluxos e layout da produção.

As técnicas de coleta de dados adotadas incluíram:

- Observação direta sistemática, realizada in loco para compreender o fluxo de produção e identificar os pontos críticos;
- Cronometragem e registro dos tempos de operação, utilizando planilhas e recursos de gravação em vídeo, que possibilitaram a análise detalhada das atividades;
- Documentação fotográfica e anotações de campo, empregadas para complementar as informações obtidas e sustentar as análises realizadas.

O planejamento da intervenção foi dividido em quatro etapas principais:

- a) Mapeamento do estado atual do processo produtivo da bucha articulada, por meio das ferramentas *Value Stream Mapping* (VSM) e cronoanálise;
- b) Identificação dos gargalos e desperdícios relacionados ao tempo de *setup*, movimentação e paradas não produtivas;
- c) Proposição e implementação de melhorias (*Kaizens*) com base na metodologia SMED e nos princípios *Lean*;
- d) Avaliação e validação dos resultados, comparando o estado atual e o estado futuro, a fim de quantificar os ganhos em tempo e eficiência operacional.

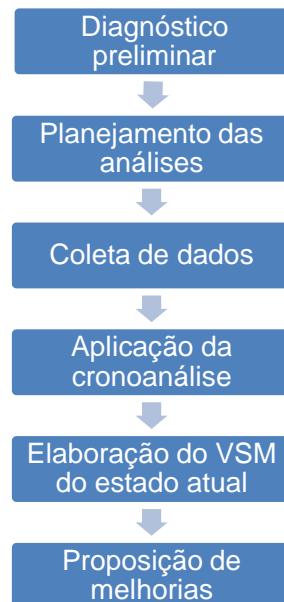
Dessa forma, o método adotado proporcionou uma abordagem empírica, participativa e estruturada, permitindo compreender de forma profunda o funcionamento real do processo produtivo e propor ações de melhoria sustentáveis e mensuráveis, alinhadas à filosofia de melhoria contínua (*Kaizen*) e à engenharia de processos.

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa foi desenvolvida na empresa Metalúrgica Madeporto, localizada em Horizontina/RS, uma organização de pequeno porte do setor metalomecânico. A peça foco da análise será a bucha articulada, cuja produção será acompanhada desde a coleta da matéria-prima até a finalização do produto.

O trabalho seguirá as etapas metodológicas da Figura 7.

Figura 7 – Etapas metodológicas



Fonte: o autor, 2025

- a) Diagnóstico preliminar: será realizado por meio de visitas técnicas, conversas com colaboradores e observações diretas, com o objetivo de compreender o processo produtivo e suas principais etapas;
- b) Planejamento das análises: com base no diagnóstico conforme Apêndices A e B, será definido o escopo da análise de melhorias, delimitando-se as atividades a serem filmadas e cronometradas;
- c) Coleta de dados: a coleta será realizada por meio de filmagens com o uso de um smartphone, acompanhando a produção de um lote composto por quatro a cinco peças. Essa estratégia visa obter uma amostra representativa para análise do tempo médio das operações;
- d) Aplicação da cronoanálise: os vídeos serão utilizados para medir os tempos de execução de cada etapa, separando os tempos produtivos, improdutivos e de movimentação, Apêndices A e B, conforme proposto por Gil (2010) e reforçado por Souza e Ribeiro (2022), que destacam a importância de dados cronometrados para otimização de processos;
- e) Elaboração do VSM do estado atual: com base nos dados coletados conforme Apêndices A e B, será desenvolvido o Mapeamento do Fluxo de Valor utilizando os padrões estabelecidos por Rother e Shook (2003). Essa etapa permitirá visualizar a cadeia produtiva e identificar gargalos, tempos de espera e desperdícios;
- f) Proposição de melhorias: com base nas análises obtidas na figura 10 e Figura 16, será sugerido um plano de ação fundamentado nos princípios do *Lean Manufacturing*, com foco na redução de desperdícios, reorganização de tarefas e melhoria do fluxo produtivo. Essa etapa encerra o ciclo da pesquisa-ação ao propor intervenções práticas com base na evidência empírica obtida.

4 RESULTADOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A Madeporto é uma empresa industrial fundada em 1994, atuante no fornecimento de peças para montadoras do segmento agrícola, desempenhando um papel relevante na cadeia produtiva desse setor. Com uma estrutura organizacional de pequeno porte, a empresa conta atualmente com aproximadamente dez colaboradores, o que favorece uma gestão mais direta dos processos produtivos e operacionais. Sua produção é caracterizada pelo atendimento à demanda sob encomenda, sendo iniciada, em geral, a partir das solicitações das montadoras agrícolas, o que evidencia um sistema produtivo orientado pela demanda do cliente. No contexto deste trabalho, destaca-se a bucha articulada, peça fornecida à empresa São José Industrial, escolhida como objeto de estudo por sua importância no portfólio da organização. Embora ainda não possua certificação formal em sistemas de gestão da qualidade, a Madeporto demonstra preocupação com a melhoria contínua de seus processos, tendo como objetivo a implantação da norma ISO 9001 no ano de 2026, visando ao aprimoramento da padronização, da qualidade dos produtos e da competitividade no mercado.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

O processo analisado refere-se à fabricação da bucha articulada em uma metalúrgica de pequeno porte (Figura 8). A matéria-prima utilizada consiste em barras de aço de aproximadamente 6 metros de comprimento, que são estocadas próximas à máquina de corte. O transporte inicial é realizado por meio de uma ponte rolante equipada com dispositivo de içamento que leva a matéria prima até a máquina de corte, garantindo segurança e praticidade na movimentação das barras.

Figura 8 – Bucha articulada



Fonte: o autor, 2025

O fluxo produtivo é composto pelas etapas de:

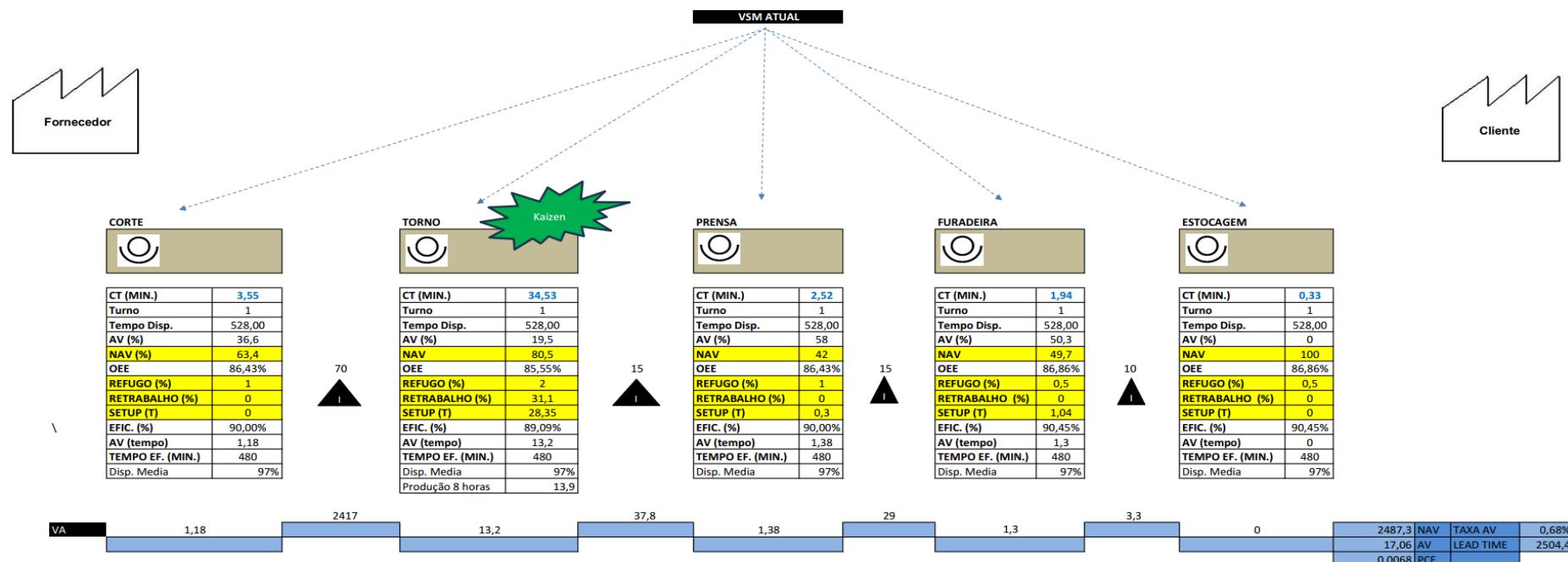
- a) corte;
- b) torneamento;
- c) prensagem;
- d) furação;
- e) roscamento;
- f) estocagem final.

Cada uma dessas etapas foi observada e cronometrada, possibilitando o mapeamento do fluxo de valor VSM e a identificação dos principais gargalos do processo.

4.3 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR – ESTADO ATUAL

Conforme Figura 9, a primeira etapa do processo consiste no içamento e corte da barra, que é ajustada na máquina de corte e seccionada em peças de aproximadamente 300 mm de comprimento, correspondendo ao tamanho padrão da bucha articulada. Após o corte, as peças são alocadas em contentores do tipo KLT, até preencherem a capacidade do recipiente, que posteriormente é deslocado até o setor de usinagem.

Figura 9 – VSM atual



Fonte: o autor, 2025

Na sequência ocorre o torneamento, etapa mais complexa e crítica do fluxo. Nela, o operador realiza o ajuste do diâmetro interno para usinar e possibilitar o encaixe da bucha de bronze que será prensada posteriormente (Figura 10).

Figura 10 – Bucha articulada, comparação antes e depois de acabado



Fonte: o autor, 2025

Durante a observação, foram identificados problemas significativos de *setup* de máquina, incluindo erros na escolha e inserção de ferramentas, necessidade de retrabalhos e tempo gasto em medições externas. Para verificar as dimensões, o operador precisa deslocar-se até um computador localizado fora da área do torno, comparando as medidas físicas com os desenhos técnicos, o que aumenta o tempo de ciclo e causa repetidos retrabalhos até atingir as especificações corretas.

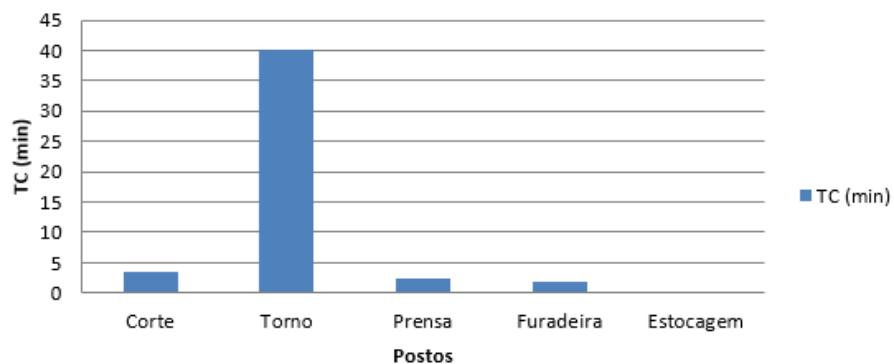
Superada essa etapa, o processo segue para a prensa, onde a bucha de bronze é encaixada na peça usinada. Inicialmente o operador posiciona manualmente a bucha, auxiliando-se com pequenos impactos de martelo para garantir o acoplamento inicial, prosseguindo então com a prensagem hidráulica. Diferente da etapa anterior, esta operação é mais estável, demandando menor tempo e apresentando menor variabilidade.

Em seguida, a peça é transferida para a furadeira de grande porte, onde são executados os furos nos dois extremos da bucha articulada. Após a perfuração, ocorre a operação de roscamento interno, com troca de ferramentas para garantir a finalização da usinagem. Por fim, a peça concluída é encaminhada para a área de estocagem final, aguardando expedição.

4.4 ANÁLISE CRÍTICA DO VSM ATUAL

Conforme demonstrado na Figura 11, o mapeamento do estado atual evidenciou que o processo apresenta tempos desbalanceados entre as etapas. Enquanto operações como corte, prensagem e furadeira possuem tempos reduzidos e estáveis, a etapa de torneamento representa o principal gargalo do fluxo, consumindo aproximadamente 69 minutos quando incluídos os *setups* e retrabalhos. Por outro lado, há uma média de poucos minutos nas demais operações (Figura 11).

Figura 11 – Tempo de ciclo por posto – VSM atual



Fonte: o autor, 2025

Essas informações de tempo de ciclo e tempo por atividades executadas também encontram-se detalhadas nos Apêndices A e B demonstrado pelo simograma das atividades detalhadas.

Essa discrepância provoca acúmulo de peças, em torno de 70 peças no estoque intermediário do torno, representando 63,6% de todo WIP (*Work in process*), além de gerar desperdícios classificados pelo *Lean* como:

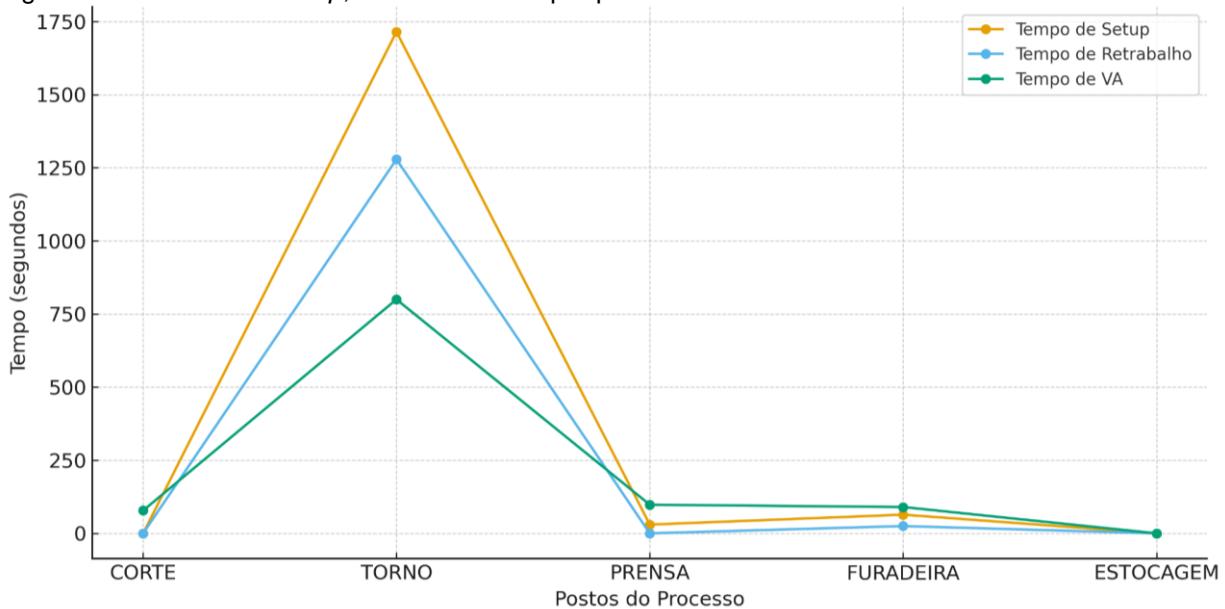
- Espera: operadores e máquinas ociosas aguardando ajustes;
- Movimentação excessiva: deslocamentos frequentes para medições externas;
- Defeitos e retrabalho: falhas de *setup* resultando em refazer operações;
- Superprocessamento: medições repetidas que não agregam valor direto ao produto.

Considerando os tempos médios registrados, o processo completo da bucha articulada apresenta duração aproximada de 1 hora e 10 minutos em casos que não tem estoque intermediário, considerando estoques intermediários, o processo pode durar até 48 horas para finalizar a produção, quando considerados os *setups* e ajustes podendo ser reduzido de forma considerável com ajustes no processo. Essa diferença

evidencia o potencial de melhoria que pode ser obtido com a padronização de operações, redução do tempo de *setup* e eliminação de movimentações desnecessárias.

A Figura 12 apresenta a distribuição dos tempos de *Setup*, Retrabalho e Valor Agregado (VA) nos principais postos do processo de fabricação da bucha articulada. O objetivo desta representação é evidenciar, de forma comparativa, como o tempo total do processo está distribuído entre atividades produtivas (VA) e atividades que não agregam valor ao produto (*setup* e retrabalhos).

Figura 12 – Análise de *Setup*, retrabalho e VA por posto



Fonte: o autor, 2025

Com base no mapeamento do estado atual conforme Figura 9 e na análise detalhada dos tempos de processo encontradas no Apêndice A e Apêndice B foram identificados diversos desperdícios ao longo do fluxo produtivo da fabricação da bucha articulada, principalmente concentrados na etapa de torneamento. Tais desperdícios estão diretamente relacionados a retrabalhos decorrentes de erros de *setup*, movimentações desnecessárias e ausência de padronização operacional.

A partir dessas observações, foram propostas ações *Kaizen*, fundamentadas nos princípios do pensamento enxuto (*Lean Manufacturing*), com foco na eliminação de desperdícios (*muda*), na melhoria contínua e na busca por eficiência operacional. A Figura 13 – *Kaizens* do processo produtivo apresenta as principais iniciativas sugeridas e seus respectivos objetivos.

Figura 13 – *Kaizens* do processo produtivo

KAIZEN	OBJETIVO
K1 - Reduzir o TC do torno	Diminuir tempo não-produtivo eliminando retrabalhos e ajustes repetidos.
K2 - Redução de tempo de setup no torno (SMED)	Diminuir o tempo de setup, organizando instruções visuais para o operador.
K3 - Redução do WIP	Reducir o estoque em processo, evitando esperas e gargalos no torno para melhorar o fluxo.

Fonte: o autor, 2025

As ações *Kaizens* K1, K2 e K3 são consideradas críticas, visto que o tempo excessivo na etapa de torneamento representa o maior gargalo do processo produtivo. Atualmente, grande parte desse tempo está associada à ausência de procedimentos padronizados de *setup*, à inserção incorreta de ferramentas, a necessidade de constantes deslocamentos do operador até o computador de medição e também a falta de padronização nos parâmetros de RPM e velocidade de avanço do torno para um tubo de aço 1020 conforme exigidos pela ABNT. Para essa ação, propõe-se a aplicação da metodologia SMED (*Single Minute Exchange of Die*), que tem como objetivo reduzir significativamente o tempo de *setup* por meio da separação de atividades internas e externas, preparação prévia de ferramentas e otimização das trocas e a padronização e aumento de RPM e avanço do torno conforme regulamento.

A implementação dessas ações está alinhada com os princípios do TPS, destacando-se o foco na eliminação de desperdícios (*muda*), na melhoria contínua (*kaizen*) e na agregação de valor ao cliente. Assim, espera-se que, ao aplicar as propostas sugeridas, seja possível não apenas reduzir significativamente o tempo total de produção da bucha articulada, mas também aumentar a eficiência global do processo e a competitividade da empresa.

4.5 MATRIZ GUTH

Após a identificação dos principais pontos de melhoria por meio da filosofia *Kaizen*, foi necessário estabelecer um critério técnico e objetivo para determinar qual ação deveria ser tratada como prioridade no processo de fabricação da bucha articulada. Para isso, foi aplicada a Matriz GUT, uma ferramenta amplamente utilizada no contexto da melhoria contínua para auxiliar na tomada de decisão e priorização de ações corretivas ou preventivas dentro do ambiente industrial.

Cada critério recebe uma pontuação de 1 a 5, onde 1 representa baixa relevância e 5 indica máxima prioridade. A pontuação final é obtida por meio do produto dos três fatores ($G \times U \times T$), e quanto maior o valor resultante, maior a prioridade daquela ação.

O Quadro 5 apresenta a aplicação da Matriz GUT para os *Kaizens* levantados anteriormente.

Quadro 5 – Matriz GUT aplicada aos *Kaizens* do processo produtivo

<i>Kaizen</i>	Gravidade	Urgência	Tendênc ia	Total (pontos)	Prioridade
K1 - Reduzir TC do torno	5	5	5	125	1
K2 - Redução de tempo de <i>setup</i> do torno	4	3	4	48	3
K3 - Redução do WIP	4	5	4	80	2

Fonte: o autor, 2025

A análise dos resultados demonstra que a ação K1 – Redução do tempo de ciclo do torno apresenta o maior índice de prioridade (125 pontos), destacando-se significativamente em relação às demais. Tal resultado é justificado pelo fato de que essa etapa concentra a maior parcela de desperdícios e perdas de produtividade do processo, levando em consideração o posto do torno, ele fica sendo responsável por cerca de 82,8% do tempo total. Além disso, os retrabalhos decorrentes de erros no *setup*, inserção incorreta de ferramentas e deslocamentos frequentes do operador para medições impactam diretamente a eficiência da linha e comprometem a cadência produtiva.

Outro fator relevante é a tendência de agravamento do problema caso nenhuma intervenção seja realizada. O aumento da demanda, a introdução de novos produtos ou a rotatividade de operadores podem intensificar os impactos negativos da falta de padronização e da ineficiência do *setup*, tornando a ação ainda mais urgente e necessária.

Diante desses resultados obtidos, definiu-se que todos os *Kaizens* são prioritários e serão implementados no presente trabalho que possibilita a conversão de atividades internas em externas, a preparação prévia de ferramentas e a

padronização do processo de troca, com impacto direto na produtividade, eficiência operacional e redução de custos.

4.6 BRAINSTORMING

Após a definição dos *Kaizens* prioritários (K1, K2, K3), foi conduzido um *Brainstorming* junto à observação do processo, com o objetivo de identificar potenciais causas que contribuem para o tempo excessivo no processo do torno. O *brainstorming* é uma técnica coletiva de geração de ideias, amplamente utilizada na fase de diagnóstico de problemas industriais, permitindo que diferentes percepções e experiências contribuam para a identificação das causas reais do problema, a partir do *brainstorming*, foi elaborado o Apêndice C.

4.7 DIAGRAMA DE ISHIKAWA

Para organizar visualmente as causas identificadas e compreender suas inter-relações, foi elaborado um Diagrama de Ishikawa, também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito ou Espinha de Peixe. Essa ferramenta auxilia na identificação sistemática das possíveis causas de um problema, agrupando-as em categorias principais.

O diagrama desenvolvido para o problema de excesso de tempo de ciclo, de *setup* no torno e WIP está representado conceitualmente no Apêndice C.

A análise do diagrama de Ishikawa demonstra que o problema é multifatorial, mas o método de trabalho e a organização do posto de operação são os fatores de maior influência no tempo de ciclo, tempo de *setup* e consequentemente no WIP.

A ausência de padronização, a falta de treinamento em SMED e a distância entre os equipamentos de medição e o RPM (Rotação por minuto) e avanço no torno resultam em tempo elevado e movimentações desnecessárias, retrabalhos e perda de produtividade.

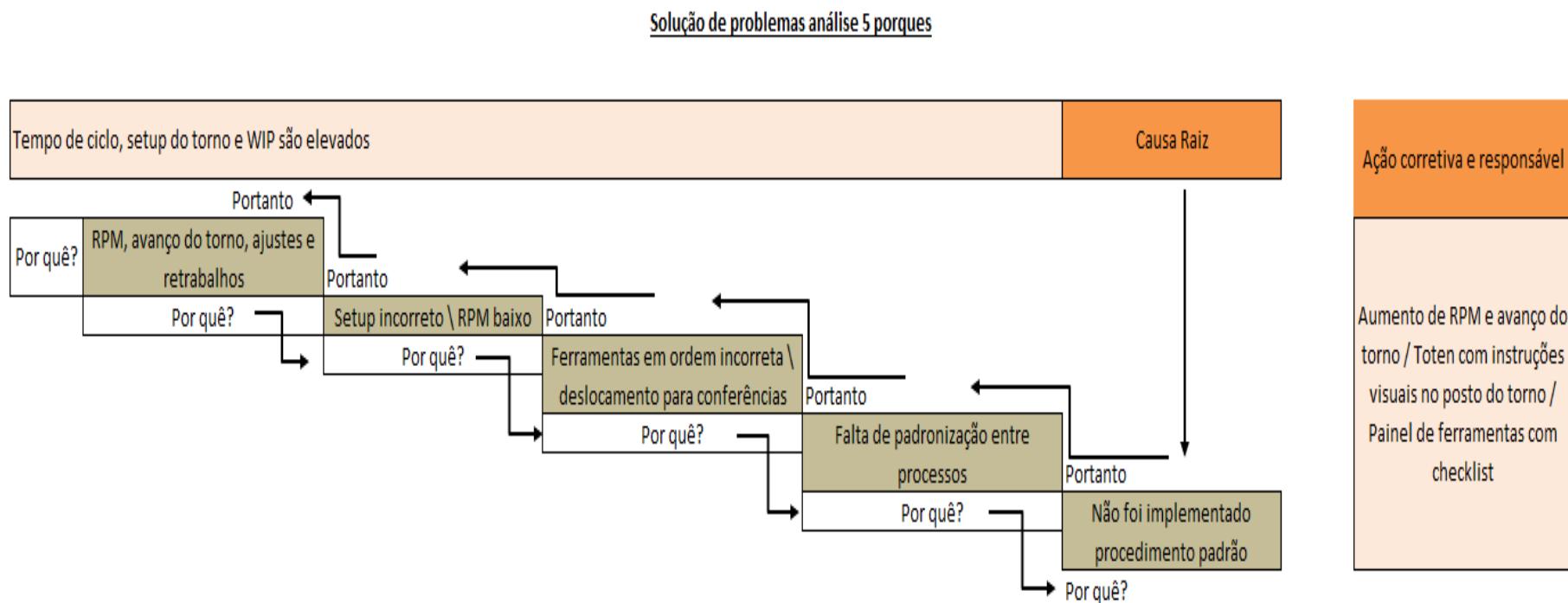
Essas constatações embasam as etapas seguintes do projeto de melhoria, que compreendem a identificação da causa raiz (5 Porquês) e a definição do plano de ação (5W2H) para implementação das mudanças propostas.

4.8 5 PORQUÊS

Após a análise das possíveis causas no Diagrama de Ishikawa, aplicou-se a técnica dos 5 Porquês (5 Whys), ferramenta desenvolvida por Sakichi Toyoda e amplamente utilizada no TPS. Essa técnica tem como objetivo identificar a causa raiz de um problema por meio de uma sequência lógica de perguntas, evitando que sejam tratadas apenas as consequências superficiais.

A aplicação dos 5 Porquês foi direcionada ao problema central de “tempo de ciclo, de *setup* e WIP”, conforme demonstra a Figura 14.

Figura 14 – Distribuição dos tempos no torno



Fonte: o autor, 2025

A causa raiz identificada é a ausência de padronização e metodologia SMED na etapa de torno, o que leva a erros recorrentes, retrabalhos e movimentações desnecessárias. Essa constatação embasa a elaboração do plano de ação (5W2H), com foco em estruturar e implementar um procedimento de *setup* rápido e eficiente.

4.9 5W2H

Com base na causa raiz identificada, foi desenvolvido um plano de ação no formato 5W2H, ferramenta de planejamento operacional que visa detalhar as etapas necessárias para a execução das melhorias propostas. O método 5W2H permite planejar as ações de forma estruturada, respondendo às perguntas: *What*, *Why*, *Where*, *When*, *Who*, *How* e *How Much*.

O Quadro 6 apresenta a aplicação do 5W2H para o *Kaizen K1*, *K2* e *K3* conforme figura 13 – *Kaizens* do processo produtivo.

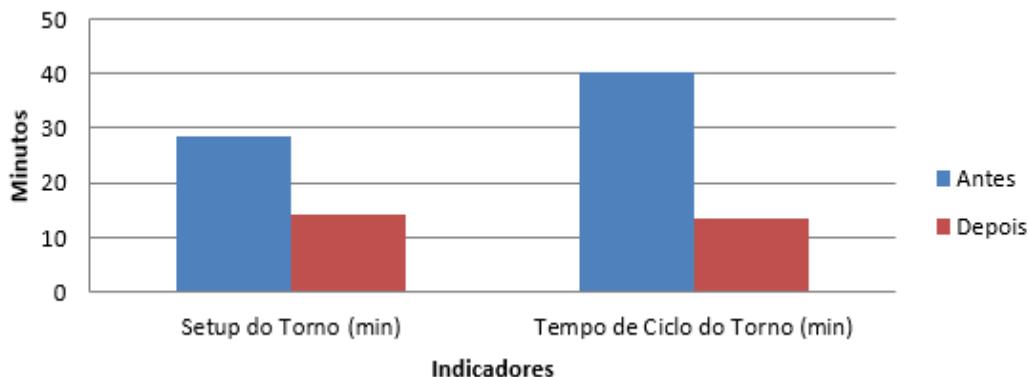
Quadro 6 – Plano de ação 5W2H

O que?	Quem?	Onde?	Por quê?	Quando?	Como?	Quanto?
Aumentar o RPM e avanço do torno	Eng. Manufatura	Posto 2 - Torno	Diminuir o tempo de ciclo e WIP	dez/25	Setando o torno RPM de 600 para 1000	10 minutos de tempo do operador
Implementar totem com checklist de atividades e setup para a bucha articulada	Eng. Manufatura	Posto 2 - Torno	Diminuir o tempo de setup	dez/25	Fabricar internamente o totem e adaptar um monitor com as informações	Custo de material interno e MO do operador / R\$ 300,00 monitor
Instalação de painel de ferramentas padronizadas no torno	Eng. Manufatura	Posto 2 - Torno	Diminuir tempo de setup, erros de setup e WIP	dez/25	Fabricar painel internamente com as ferramentas em sequência	Custo de chapa de aço para fabricar o painel e MO do operador

Fonte: o autor, 2025

A implementação do plano de ação reduziu o tempo de *setup* do torno de 28,35 minutos para 14,17 minutos, correspondendo a uma diminuição de aproximadamente 50% no tempo não-produtivo. Já o tempo de ciclo total do torno caiu de 40,2 minutos para 13,43 minutos, representando uma redução de cerca de 66,6%, o que reforça o impacto direto da padronização operacional e da eliminação de retrabalhos, conforme Figura 15.

Figura 15 – Distribuição dos tempos no torno



Fonte: o autor, 2025

Além disso, espera-se obter:

- Melhor fluidez no processo produtivo (redução de filas e esperas entre etapas);
- Menor necessidade de retrabalhos e ajustes;
- Maior confiabilidade e repetibilidade do processo;
- Aumento da produtividade global da linha;
- Redução dos custos operacionais e de mão de obra indireta.

Esses resultados também fortalecem a cultura de melhoria contínua (*Kaizen*) dentro da empresa, tornando o processo mais estável e previsível a longo prazo.

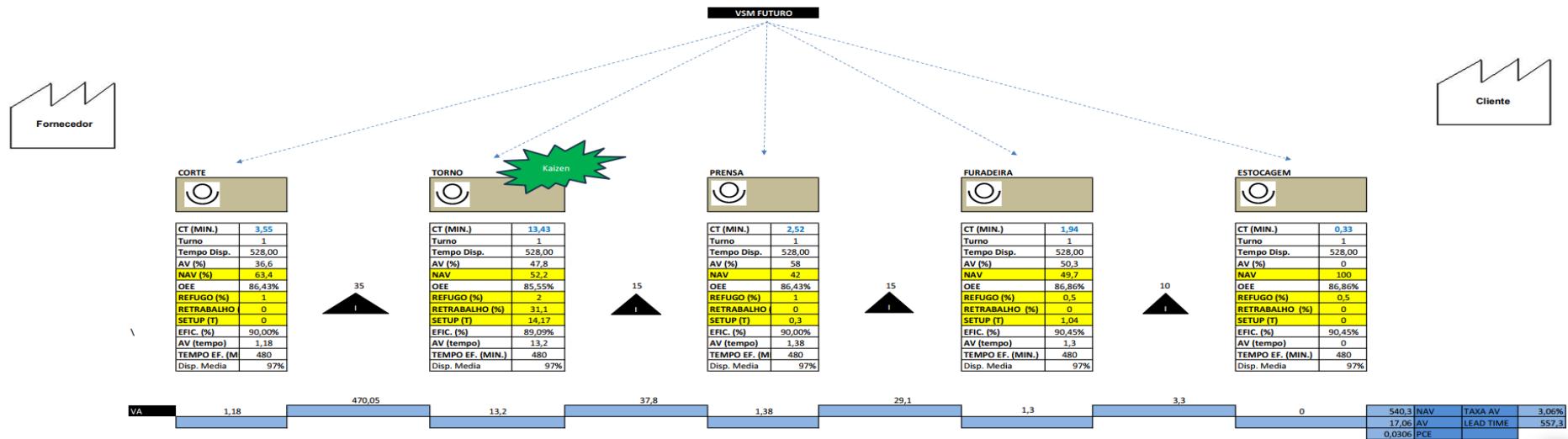
4.10 VSM FUTURO

A partir da análise crítica do VSM atual conforme Figura 9 e da cronoanálise realizada no processo produtivo da bucha articulada conforme apêndices C e D – Simograma do processo da bucha articulada, tornou-se evidente que o torno configura-se como o principal gargalo da linha. Observou-se que essa etapa concentra a maior parcela do tempo total de processamento do produto, além de apresentar elevado índice de retrabalhos, tempos de *setup* excessivos, variação operacional significativa e movimentação desnecessária do operador. Esses fatores impactam diretamente no tempo de ciclo, no tempo não agregador de valor (NAV) e no acúmulo de WIP entre etapas, comprometendo a fluidez do fluxo produtivo.

Diante dessa realidade, o VSM Futuro, conforme Figura 16, foi elaborado com o objetivo de projetar um cenário otimizado, sustentado por intervenções de caráter *Lean*, direcionadas ao aumento da eficiência operacional e à redução de desperdícios. As melhorias propostas fundamentam-se em três eixos de atuação principais:

- redução do tempo de ciclo do torno;
- redução do tempo de *setup*;
- redução do WIP intermediário.

Figura 16 – VSM futuro



Fonte: o autor, 2025

4.11 INTERVENÇÕES PROPOSTAS PARA O ESTADO FUTURO

A construção do VSM Futuro conforme Figura 16 baseou-se na identificação das causas raízes dos desperdícios presentes no processo atual. Entre os fatores mais críticos, destacaram-se os erros recorrentes de *setup*, a escolha inadequada de ferramentas, a falta de padronização operacional, a necessidade de repetidas medições no computador localizado distante da máquina, o elevado número de correções sucessivas no torno e o RPM e avanço do torno. Para mitigar esses problemas, foram definidas ações de melhoria com foco na eliminação das variações e no aumento da previsibilidade do processo.

A análise do posto de torno demonstrou que parte significativa do elevado tempo de ciclo estava associada aos parâmetros incorretos de usinagem, especialmente à velocidade de corte (V_c), à rotação da peça (n) e ao avanço por rotação (f). Para o aço 1020 usinado com ferramentas de metal duro e diâmetro externo de 80 mm, a literatura técnica estabelece velocidades de corte recomendadas na faixa de 200 a 300 m/min para operações de desbaste moderado. Adotando-se o valor de $V_c = 250$ m/min, a rotação necessária para garantir energia de corte adequada é calculada pela fórmula clássica demonstrada na Figura 17.

Figura 17 – Cálculo de RPM de como o torno deveria estar operando
Cálculo (Exemplo de Desbaste com $V_c = 250$ m/min e $D = 80$ mm):

$$n = \frac{250 \times 1000}{3,1416 \times 80} \approx \frac{250000}{251,33} \approx ** 994,7 \text{ RPM } **$$

Fonte: o autor, 2025

Ou seja, o torno deveria operar próximo de 1000 RPM.

Entretanto, verificou-se que a operação real utilizava valores cerca de 40% abaixo da recomendação normativa, conforme orientação interna adotada anteriormente para reduzir vibrações e facilitar a operação. Assim, a rotação real aplicada era aproximadamente:

$$\text{nreal}=1000\times(1-0,40)=600\text{RPM} \quad (1)$$

Além da rotação reduzida, o avanço por rotação (f) também estava abaixo do recomendado. Para operações de desbaste em diâmetros entre 76 e 100 mm, recomenda-se:

$$f_{\text{norma}} = 0,25 \text{ a } 0,45 \text{ mm/rot} \quad (2)$$

Porém, conforme práticas anteriores, o valor aplicado era reduzido em 40%, resultando em:

$$f_{\text{real}} = 0,30 \times (1 - 0,40) = 0,18 \text{ mm/rot} \quad (3)$$

Com esses dois parâmetros subdimensionados, a **velocidade de avanço real (V_f)** ficou significativamente inferior ao necessário para manter uma taxa de remoção de material eficiente.

Tem-se

$$V_{f,\text{real}} = 0,18 \times 600 = 108 \text{ mm/min} \quad (4)$$

Enquanto o valor recomendado deveria ser:

$$V_{f,\text{norma}} = 0,30 \times 1000 = 300 \text{ mm/min} \quad (5)$$

A diferença é expressiva: o avanço real era apenas **36% da taxa ideal de remoção de material**. Na prática, isso implicava:

- cavacos longos e estáveis, dificultando o processo;
- maior tempo da ferramenta em contato com a peça;
- risco elevado de retrações manuais (retrabalho);
- maior desgaste por atrito;
- aumento significativo do tempo de ciclo.

Com a revisão dos parâmetros e adoção dos valores corrigidos conforme a norma, elevou-se a taxa de remoção de material, reduzindo drasticamente o tempo efetivo de corte.

Também foi proposto um tótem com monitor instrucional posicionado ao lado do torno, contendo todas as informações necessárias para a execução padronizada do processo produtivo da bucha articulada. Esse sistema visual incluirá:

- sequência operacional detalhada;
- parâmetros de corte;
- indicação correta das ferramentas a serem utilizadas;

- valores de medidas e tolerâncias;
- instruções de *setup* e *checklist* pré-operacional;
- imagens e diagramas para reduzir ambiguidade;
- orientações de controle dimensional.

A disponibilização dessas informações diretamente no posto de trabalho elimina a necessidade de deslocamentos do operador até o computador distante, reduz a variabilidade operacional e diminui significativamente a ocorrência de *setups* incorretos. Consequentemente, espera-se redução substancial do tempo de *setup*, eliminação quase total dos retrabalhos no torno e diminuição expressiva do tempo não agregador de valor.

Além disso, propõe-se a instalação de um painel de ferramentas padronizadas (*shadow board*) junto ao torno, contendo identificação visual das ferramentas necessárias para cada etapa da usinagem. Essa estrutura permitirá ao operador selecionar os instrumentos de forma rápida, segura e padronizada, evitando erros de seleção e reduzindo atrasos associados à busca e troca de ferramentas.

Com a execução padronizada, RPM e avanço ajustados e a eliminação dos principais pontos de retrabalho, projeta-se uma redução direta no tempo de ciclo do torno, acelerando o fluxo de peças e viabilizando também uma redução significativa do WIP intermediário. Com menor acúmulo de peças aguardando usinagem, o fluxo tende a se tornar mais contínuo, aproximando o processo do conceito de fluxo unitário (*one-piece flow*), recomendado pela abordagem *Lean*.

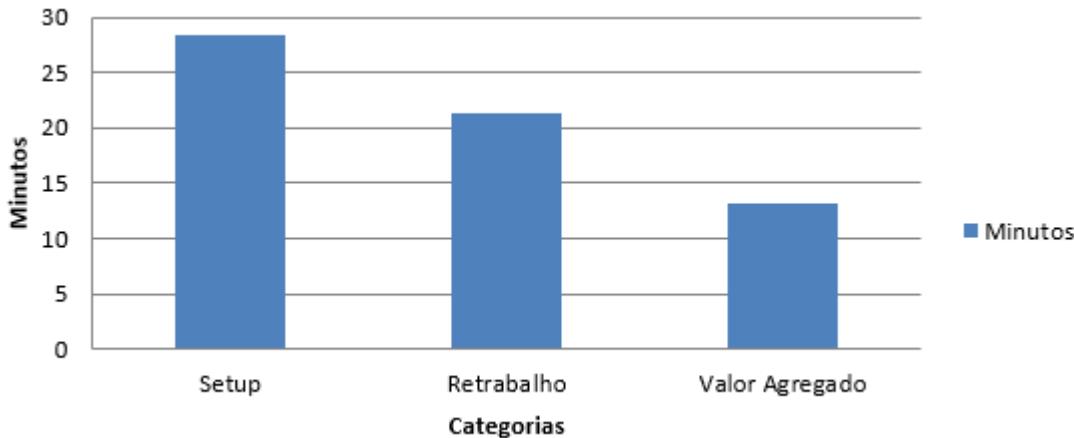
4.12 QUANTIFICAÇÃO DOS GANHOS COM O VSM FUTURO

A partir dos dados consolidados de tempo de *setup*, retrabalho e valor agregado por posto conforme demonstrado no Apêndice A e Apêndice B, foi possível estimar o impacto das melhorias propostas no posto de torno sobre o desempenho global do processo. No estado atual, a soma dos tempos de *setup*, retrabalho e valor agregado de todos os postos resulta em aproximadamente 69,8 minutos para a produção de um lote de referência.

Desse total, o torno responde isoladamente cerca de 62,88 minutos, distribuídos em 28,3 minutos de *setup*, 21,3 minutos de retrabalho e 13,2 minutos de atividades de valor agregado (Figura 18). Isso confirma o torno como principal gargalo

do fluxo, concentrando a maior parte do tempo não agregador de valor e do tempo de ciclo do processo.

Figura 18 – Distribuição dos tempos no torno



Fonte: o autor, 2025

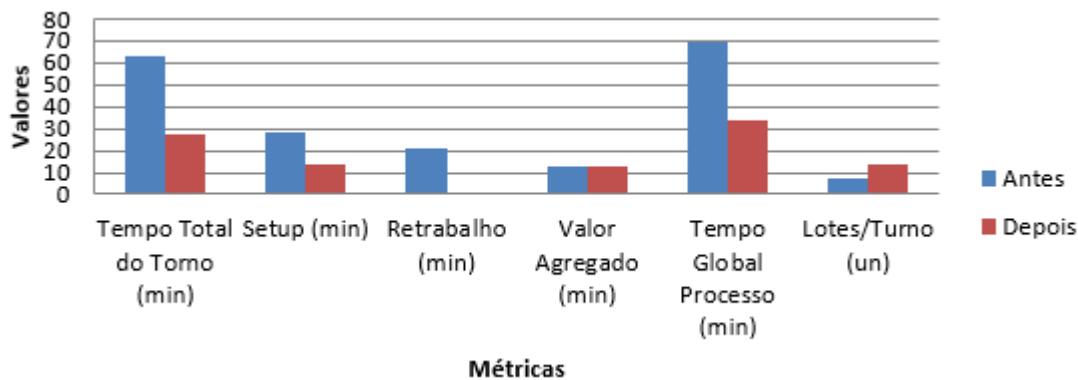
No VSM Futuro, conforme Figura 16, considera-se a implementação do tótem com monitor instrucional ao lado do torno, aliado à padronização visual de ferramentas e parâmetros de usinagem. Com essa intervenção, projeta-se:

- eliminação dos retrabalhos no torno, uma vez que erros de *setup* e de seleção de ferramenta deixam de ocorrer;
- redução de 50% no tempo de *setup* do torno, por meio da aplicação dos princípios de SMED, com atividades de preparação melhor organizadas e parcialmente convertidas em externas.

Mantendo-se constante o tempo de valor agregado (13,2 minutos), o novo cenário do torno passa a ser composto por aproximadamente 14,1 minutos de *setup* e 0 minuto de retrabalho, totalizando cerca de 27,6 minutos por lote. Assim, o tempo total do torno é reduzido de 62,88 para 27,6 minutos, o que representa uma redução de 56,1% no tempo de ciclo desse posto.

Quando se consideram os demais postos sem alteração (corte, prensa, furadeira e estocagem), o tempo global do processo cai de 69,6 conforme mencionado no total do simograma para cerca de 34,0 minutos por lote, resultando em uma redução aproximada de 51,1% no tempo total de processamento. Em termos de capacidade produtiva, em um turno de 8 horas (480 minutos), a produção teórica passa de cerca de 7 lotes para aproximadamente 14 lotes, o que representa um aumento potencial de pouco mais de 100% na quantidade de lotes produzidos, apenas pela intervenção no posto de torno, conforme Figura 19.

Figura 19 – Comparação antes e depois do torno e processo global



Fonte: o autor, 2025

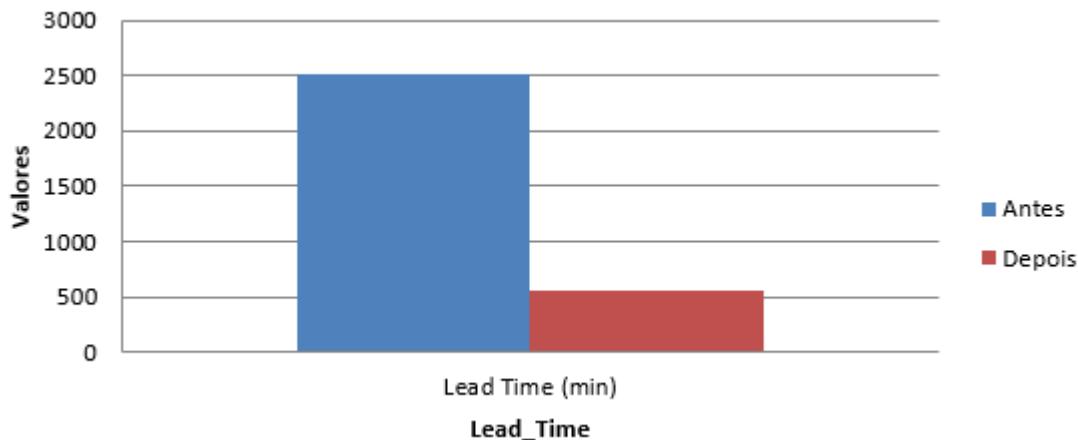
Esses resultados reforçam o alinhamento entre os *Kaizens* propostos redução do tempo de ciclo, redução do *setup* e redução do WIP no torno e os objetivos do VSM Futuro. Ao eliminar retrabalhos, reduzir significativamente o *setup* e estabilizar o processo por meio de informações visuais padronizadas, o fluxo tende a tornar-se mais contínuo, com menor acúmulo de peças em processo e melhor utilização do tempo disponível.

4.11 COMPARAÇÃO ENTRE ESTADO ATUAL E FUTURO

A implementação das melhorias propostas por meio dos *Kaizens* selecionados promoveu uma alteração significativa na estrutura do processo produtivo da bucha articulada. A análise dos indicadores do estado futuro demonstra reduções expressivas nos tempos de ciclo, nos tempos de *setup*, no tempo não agregador (NAV) e no *lead time* total do fluxo.

O gráfico comparativo do *Lead Time*, mostra que o processo passou de 2504,4 minutos para 557,3 minutos, representando uma diminuição de 77,8% no tempo total de atravessamento. Essa mudança implica que o lote de 30 peças, anteriormente produzido em cerca de 48 horas, agora pode ser finalizado em aproximadamente 9 horas, permitindo uma reação mais rápida à demanda, diminuição de estoques intermediários e maior estabilidade operacional (Figura 20).

Figura 20 – Comparação *Lead time* antes e depois

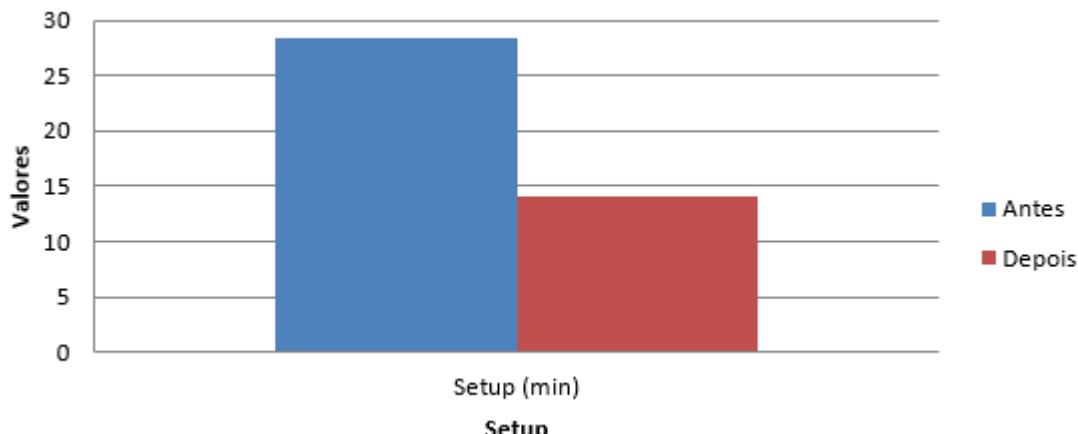


Fonte: o autor, 2025

Da mesma forma, o tempo NAV apresentou redução de 81,2%, evidenciando que grande parte das atividades que não agregavam valor como movimentação excessiva, correções, ajustes repetidos e *setups* incorretos foram eliminadas. Essa redução está diretamente associada ao redesenho do processo do torno, que anteriormente concentrava cerca de 95% dos desperdícios do fluxo.

Outro resultado relevante, demonstrado na Figura 21, refere-se ao tempo de *setup* do torno, que caiu de 28,35 minutos para 14,17 minutos, representando uma redução de 50%. Isso foi possível devido à implementação do tótem digital com instruções visuais e à padronização da sequência de ferramentas, eliminando a variabilidade que antes gerava erros e retrabalhos.

Figura 21 – Comparação *setup* antes e depois



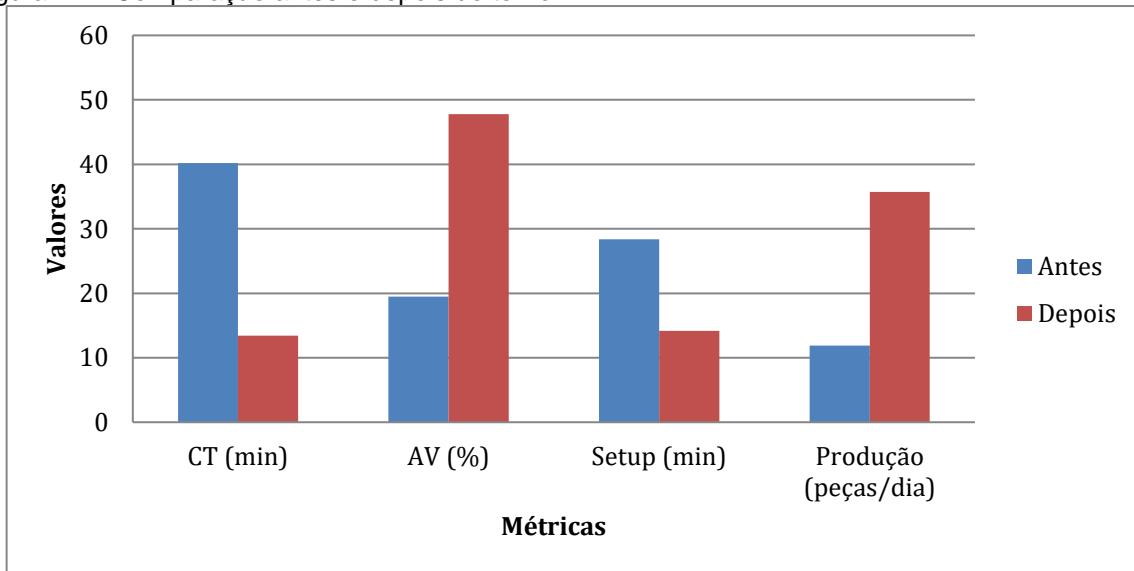
Fonte: o autor, 2025

Essas melhorias impactaram diretamente na produtividade global do processo. Considerando o tempo total de atravessamento do lote de 30 peças (*lead time*), incluindo tempos de espera e estoques intermediários, a linha produzia, no estado

atual, aproximadamente 0,62 peças por hora, enquanto no estado futuro passa a produzir 3,22 peças por hora, o que representa um aumento de 419% na capacidade produtiva média do fluxo.

No cenário atual, o posto do torno apresentava desempenho significativamente limitado devido aos altos tempos de *setup*, erros recorrentes de ajuste, retrabalhos sucessivos e deslocamentos desnecessários do operador. Como consequência, a capacidade produtiva do posto era de apenas 13 peças por turno de 8 horas, evidenciando que grande parte do tempo disponível era consumida por atividades não agregadoras. Com a implementação das melhorias propostas no VSM futuro — especialmente a padronização operacional por meio do tótem digital, eliminação de ajustes redundantes, redução do *setup* e eliminação total dos retrabalhos o processo tornou-se estável e contínuo. Dessa forma, a capacidade produtiva do torno passa a atingir 35 peças por turno, representando um aumento de 218% na produção direta do posto (Figura 22). Esse resultado confirma que o torno era o principal gargalo do fluxo e que sua reestruturação tem impacto imediato e substancial sobre todo o desempenho do sistema produtivo.

Figura 22 – Comparação antes e depois do torno



Fonte: o autor, 2025

Como consequência geral, o VSM futuro apresenta um processo mais enxuto, previsível e orientado ao fluxo contínuo, que atende aos princípios do *Lean Manufacturing*: eliminação de desperdícios, aumento do valor agregado e redução do tempo total entre pedido e entrega ao cliente.

CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste trabalho permitiu uma análise aprofundada do processo produtivo da bucha articulada, possibilitando identificar gargalos, perdas e oportunidades de aprimoramento por meio do mapeamento do fluxo de valor e da cronoanálise. A ausência de padronização operacional, a elevada variabilidade dos tempos de processo, a ocorrência de retrabalhos e o acúmulo significativo de estoques intermediários evidenciaram limitações estruturais que comprometem a eficiência global do fluxo. Em especial, constatou-se que o posto de torno exerce impacto determinante sobre o desempenho da linha, configurando-se como o principal gargalo do sistema produtivo.

O mapeamento do fluxo de valor permitiu visualizar o processo em sua totalidade, identificando não apenas os tempos agregadores e não agregadores, mas também o desequilíbrio entre as etapas e a formação de estoques em processo, especialmente antes do torno. A cronoanálise detalhada quantificou esses tempos e revelou que a etapa de usinagem concentrava aproximadamente 95% da carga produtiva total, quando considerados *setup*, retrabalhos e operações manuais de ajuste. Esta concentração reforça a necessidade de priorizar o torno como foco central das intervenções, conforme orienta a Teoria das Restrições.

Com base nas informações coletadas, formulou-se um conjunto de propostas de melhoria, fundamentadas nos princípios do *Lean Manufacturing*, visando reduzir o tempo de ciclo, aumentar a estabilidade operacional e eliminar desperdícios. Entre essas propostas, destacam-se: reorganização do fluxo e do layout micro, padronização de operações, criação de instruções visuais, revisão dos parâmetros de usinagem e realocação das ferramentas necessárias para o *setup*. Além disso, a análise dos parâmetros de corte revelou que o torno operava com rotação e avanço aproximadamente 40% abaixo dos valores tecnicamente recomendados para o aço 1020. A correção desses parâmetros, embora não implementada, demonstrou, por meio de cálculos teóricos, ser um elemento decisivo para elevar a taxa de remoção de material e reduzir tempos improdutivos.

A partir dessa base teórica e dos dados coletados no estado atual, construiu-se um cenário futuro projetado (VSM Futuro), em que se simulou o impacto potencial das melhorias. Estimou-se que o tempo total do torno poderia ser reduzido de 62,88 minutos para aproximadamente 27,6 minutos por lote, uma redução projetada de

56,1%. Também se prevê que o tempo de *setup*, hoje calculado em 28,35 minutos, poderia cair para 14,17 minutos, representando uma redução estimada de 50%. A eliminação dos retrabalhos, decorrente da padronização e da definição adequada dos parâmetros de corte, também foi considerada no cenário futuro, contribuindo para um processo mais previsível e consistente.

As projeções indicam ainda que a capacidade produtiva do torno poderia aumentar de 11 para cerca de 35 peças por turno, o que equivaleria a um incremento superior a 200% sem a necessidade de investimento em novos equipamentos. Da mesma forma, o *lead time* total do fluxo, atualmente de 2504,4 minutos, poderia ser reduzido para 557,3 minutos, representando uma diminuição projetada de 77,8% no tempo de atravessamento do lote. O tempo não agregador de valor (NAV), por sua vez, apresenta redução estimada de 81,2%, reforçando a relevância das propostas apresentadas. A produtividade média do processo, hoje estimada em 0,62 peças por hora, poderia atingir 3,22 peças por hora, aumento potencial de aproximadamente 419%.

A elaboração dessas projeções demonstra que a adoção de práticas Lean associadas a técnicas de análise de tempos e movimentos tem potencial para transformar significativamente o desempenho produtivo de empresas de pequeno porte. Mesmo sem implementação real, os resultados evidenciam que intervenções relativamente simples, alinhadas à Teoria das Restrições e sustentadas por dados concretos, possuem capacidade de gerar ganhos expressivos com baixo custo e alta viabilidade operacional.

Conclui-se, portanto, que o objetivo geral e os objetivos específicos do estudo foram plenamente alcançados, ao identificar gargalos, mapear o fluxo de valor, analisar tempos e movimentos e propor intervenções fundamentadas tecnicamente. O trabalho fornece à empresa um diagnóstico preciso e um roteiro claro de melhorias capazes de elevar significativamente a eficiência do processo produtivo da bucha articulada.

Além disso, os resultados projetados oferecem subsídios para tomadas de decisão futuras e podem orientar gestores, operadores e engenheiros em ações voltadas à redução de desperdícios, aumento da produtividade e estabilização do fluxo operacional. Assim, o estudo se consolida como uma contribuição técnica relevante, capaz de sustentar futuras iniciativas de aperfeiçoamento e de servir como referência para análises semelhantes em outros processos da organização.

REFERÊNCIAS

- BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos:** projeto e medição do trabalho. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.
- CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia a dia.** 8. ed. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2004.
- CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da administração.** 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
- CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Planejamento, programação e controle da produção:** MRP II/ERP: conceitos, uso e implantação. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- GIL, A. C. **Técnicas de análise de trabalho.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- GOLDRATT, E. M. **A meta:** um processo de melhoria contínua. São Paulo: Nobel, 1990.
- HARRINGTON, H. J. **Business process improvement: the breakthrough strategy for total quality, productivity, and competitiveness.** New York: McGraw-Hill, 1991.
- IWAQ, K. **Kaizen:** a estratégia para o sucesso competitivo. São Paulo: IMAM, 1994.
- KALPAKJIAN, S.; SCHMID, S. R. **Manufacturing engineering and technology.** 7. ed. Boston: Pearson, 2017.
- LAPA, J. R. D. **Gestão da qualidade:** conceitos e técnicas. São Paulo: Atlas, 2015.
- LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation modeling and analysis.** 3. ed. New York: McGraw-Hill, 2000.
- LIKER, J. K. **O modelo Toyota:** 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção.** São Paulo: Saraiva, 2006.
- MEDEIROS, J. A.; LIMA, R. P. **Ferramentas da qualidade e produtividade industrial.** São Paulo: Atlas, 2018.
- MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações.** 7. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2018.
- MOURA, D. L. **Ferramentas da qualidade e melhoria contínua.** 2. ed. São Paulo: Érica, 2016.
- PARISI, C. **Indicadores de desempenho:** guia prático para avaliação e controle de resultados. São Paulo: Atlas, 2012.
- PEREIRA, D. S.; LIMA, F. A. **Simulação aplicada à engenharia de produção:** fundamentos e aplicações. São Paulo: InterSaberes, 2021.

- RIBEIRO, J. L. D.; *et al.* **Gestão da produção e operações.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 2018.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar:** mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.
- SANTOS, F. R.; FERREIRA, M. C. **Gestão industrial orientada a resultados:** práticas de avaliação e melhoria contínua. Curitiba: Intersaber, 2021.
- SANTOS, L. A.; CORRÊA, E. C. **Gestão por processos e melhoria contínua:** fundamentos e aplicações. São Paulo: Foco, 2020.
- SILVA, F. M.; ANDRADE, R. F. **Metodologias participativas em projetos de engenharia:** fundamentos e práticas. São Paulo: Blucher, 2020.
- SILVA, T. B. da; MOURA, P. A.; MORAES, M. F. **Processos de fabricação:** fundamentos e aplicações. São Paulo: Blucher, 2021.
- SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da produção.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2019.
- SOUZA, J. M.; ALVES, C. R. **Lean Manufacturing na prática:** estudos de caso em pequenas empresas brasileiras. Curitiba: CRV, 2020.
- SOUZA, V. H.; RIBEIRO, A. L. **Gestão da produtividade industrial:** conceitos, práticas e indicadores. São Paulo: Atlas, 2022.
- THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação.** 18. ed. São Paulo: Cortez, 2011.
- TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção.** 10. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas:** elimine o desperdício e crie riqueza. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

APÊNDICE A – SIMOGRAMA A DO PROCESSO

ESTUDO DE TEMPOS e SIMOGRAMA													
ITEM/DESCRIÇÃO:	CLIENTE:	PROJETO	MÁQUINA			TURNO	DATA ESTUDO		ESTUDO REALIZADO POR				
ETAPA DO PROCESSO	PLANTA:		Bucha Articulada			PRIMEIRO							
ESTATÍSTICAS DE PROCESSO	Nº DE CAVIDADES DA FERRAMENTA:	OP.01	TEMPO	TX. OCUP.	OP.04	TEMPO	TX. OCUP.	OP.07	TEMPO	TX. OCUP.	OP.01	TEMPO	TX. OCUP.
TEMPO DE CICLO		OP.01	2,93 s	4%	OP.04	1,99 s	3%	OP.07	0 s	ESP.01	0 s	ESP.04	0 s
		OP.02	62,88333333 s	90%	OP.05	0 s		OP.08	0 s	ESP.02	0 s	ESP.05	0 s
PEÇAS/HORA		OP.03	2,09 s	3%	OP.06	0 s		OP.09	0 s	ESP.03	0 s	ESP.06	0 s
SEQ	ATIVIDADE	OPER.	MÁQ.	TEMPO	REAL	DELTA	INÍCIO	FIM	0 s	200 s	400 s		
01	içamento da matéria prima até a máquina de corte	NVA	OP.01	CORTE	1,20		0	1,20	1 1,20				
02	Preparação da matéria prima na máquina de corte	NVA necessário	OP.01	CORTE	0,55			1,20	1,75	2 0,55			
03	Tempo de corte da barra para a peça na medida certa	VA	OP.01	CORTE	1,18		1,75	2,93	3 1,18				
04	Retirar castanhas do torno	NVA necessário	OP.02	TORNO	2,42		2,93	5,35	4 2,42				
05	Inserir as castanhas corretas no torno	NVA necessário	OP.02	TORNO	5,50		5,35	10,85	5 5,50				
06	Setar o torno com o código da peça e ajustar medidas	NVA necessário	OP.02	TORNO	19,13		10,85	29,98	6 19,13				
07	Pegar a barra e inserir no torno	NVA necessário	OP.02	TORNO	0,17		29,98	30,10	7 0,17				
08	Torneamento interno e externo primeiro lado	VA	OP.02	TORNO	1,05		30,10	31,15	8 1,05				
09	Medir diâmetro interno para teste	NVA necessário	OP.02	TORNO	0,25		31,15	31,40	9 0,25				
10	Ajuste torno	NVA	OP.02	TORNO	0,22		31,40	31,62	10 0,22				
11	Tornear novamente a parte interna para deixar na medida	NVA	OP.02	TORNO	7,08		31,62	38,70	11 7,08				
12	Tirar peça do torno e limpar	NVA necessário	OP.02	TORNO	0,30		38,70	39,00	12 0,30				
13	Medir com paquímetro e conferir no compuador a medida no outro lado do pavilhão	NVA necessário	OP.02	TORNO	0,17		39,00	39,17	13 0,17				
14	Setar o torno para correção	NVA	OP.02	TORNO	0,30		39,17	39,47	14 0,30				
15	Inserir a peça do lado oposto para tornear	NVA necessário	OP.02	TORNO	0,15		39,47	39,62	15 0,15				

APÊNDICE B – SIMOGRAMA B DO PROCESSO

16	Torneamento interno e externo segundo lado	VA	OP.02	TORNO	7,08		39,62	46,70	16	7,08
17	Retirada da peça do torno	NVA necessário	OP.02	TORNO	0,13		46,70	46,83	17	0,13
18	Inserir a peça de teste de diametro (qualidade) para ver se atendeu a medida	NVA necessário	OP.02	TORNO	0,40		46,83	47,23	18	0,40
19	Setar maquina para receber outra ferramenta	NVA necessário	OP.02	TORNO	0,49		47,23	47,72	19	0,49
20	Trocar ferramenta interna	NVA necessário	OP.02	TORNO	6,29		47,72	54,01	20	6,29
21	Inserir peça no torno	NVA necessário	OP.02	TORNO	0,57		54,01	54,58	21	0,57
22	Tornear detalhe interno	VA	OP.02	TORNO	3,16		54,58	57,74	22	3,16
23	Conferir medidas no computador	NVA necessário	OP.02	TORNO	1,20		57,74	58,94	23	1,20
24	Correção de medidas e ajustes no torno (medição com paquímetro)	NVA	OP.02	TORNO	0,48		58,94	59,42	24	0,48
25	Inserir peça novamente no torno para correções	NVA	OP.02	TORNO	0,21		59,42	59,63	25	0,21
26	Torneamento de correção	NVA	OP.02	TORNO	1,05		59,63	60,68	26	1,05
27	retirada e conferencia de medidas novamente no computador	NVA	OP.02	TORNO	1,08		60,68	61,76	27	1,08
28	Novamente ajuste e correção da máquina para redução de medidas	NVA	OP.02	TORNO	0,40		61,76	62,16	28	0,40
29	Inserir peça novamente no torno para correções	NVA	OP.02	TORNO	0,10		62,16	62,26	29	0,10
30	Torneamento de correção	NVA	OP.02	TORNO	1,40		62,26	63,66	30	1,40
31	retirada e conferencia de medidas novamente no computador (medida ok)	NVA	OP.02	TORNO	0,45		63,66	64,11	31	0,45
32	Tornear outro lado detalhe interno	VA	OP.02	TORNO	1,51		64,11	65,62	32	1,51
33	retirada e conferencia de medidas novamente no computador (ok)	NVA necessário	OP.02	TORNO	0,19		65,62	65,81	33	0,19
34	Levar peça ate a prensa	NVA	OP.03	PRENSA	0,41		65,81	66,22	34	0,41
35	Pegar buchas para prensar	NVA	OP.03	PRENSA	0,10		66,22	66,32	35	0,10
36	Ligar a prensa	NVA necessário	OP.03	PRENSA	0,20		66,32	66,52	36	0,20
37	Prensar as buchas na peça	VA	OP.03	PRENSA	1,38		66,52	67,90	37	1,38
38	Setar a furadeira com a ferramenta correta	NVA necessário	OP.04	FURADEIRA	0,25		67,90	68,15	38	0,25
39	Buscar a peça e inserir na furadeira	NVA necessário	OP.04	FURADEIRA	0,20		68,15	68,35	39	0,20
40	Inicio do processo de furação	VA	OP.04	FURADEIRA	0,36		68,35	68,71	40	0,36
41	Setup na furadeira para iniciar a rosca no furo	NVA necessário	OP.04	FURADEIRA	0,44		68,71	69,15	41	0,44
42	Rosca	VA	OP.04	FURADEIRA	0,54		69,15	69,69	42	0,54
43	Guardar a peça pronta	NVA	OP.04	ESTOCAGEM	0,20		69,69	69,89	43	0,20

69,89

APÊNDICE C – DIAGRAMA DE ISHIKAWA

