



Cassiano Mallmann

**PROPOSTA PARA REESTRUTURAÇÃO DE UM *LAYOUT* NO PROCESSO DE
MANUFATURA DE CHAPAS METÁLICAS**

Horizontina - RS

2025

Cassiano Mallmann

**PROPOSTA PARA REESTRUTURAÇÃO DE UM LAYOUT NO PROCESSO DE
MANUFATURA DE CHAPAS METÁLICAS**

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.
Me. Sirnei César Kach.

Horizontina - RS

2025

FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso

“Proposta para reestruturação de um *layout* no processo de manufatura de chapas metálicas”

Elaborada por:
Cassiano Mallmann

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia de Produção

Aprovado em: dd/12/2025
Pela Comissão Examinadora

Me. Sirnei César Kach
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador

Titulação. Nome do Examinador Interno
FAHOR – Faculdade Horizontina

Titulação. Nome do Examinador Interno
FAHOR – Faculdade Horizontina

Horizontina - RS
2025

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo propor a reestruturação do layout físico de uma empresa do setor metalmecânico, motivada pela futura instalação de uma máquina de corte a laser e pela necessidade de internalizar a fabricação de um componente anteriormente terceirizado. A empresa enfrenta problemas relacionados a longos deslocamentos, cruzamentos de fluxo, estoques intermediários mal posicionados e baixa linearidade entre as etapas produtivas, comprometendo a eficiência operacional. Para analisar esses fatores, desenvolveu-se um estudo de caso com abordagem mista, utilizando observações diretas, medições de distâncias, cronoanálises, análise do fluxo de materiais e o Diagrama de Espaguete, possibilitando identificar limitações estruturais do arranjo físico atual. A partir do diagnóstico, foi elaborada uma proposta de layout em fluxo contínuo, alinhada às exigências técnicas da nova tecnologia e orientada à otimização do espaço produtivo. Os resultados projetados indicam redução significativa nos deslocamentos internos, maior fluidez no processo, melhoria da organização fabril e potencial aumento da produtividade. Assim, o estudo contribui para a preparação da empresa frente à adoção da tecnologia de corte a laser e para o fortalecimento de sua competitividade no setor metalmecânico.

Palavras-chave: *Layout Industrial. Fluxo de materiais. Diagrama de Espaguete. Corte a Laser.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Arranjo fixo	13
Figura 2 – <i>Layout</i> funcional ou por processo.....	14
Figura 3 – <i>Layout</i> por produto	15
Figura 4 – <i>Layout</i> celular	16
Figura 5 – <i>Layout</i> misto	17
Figura 6 – Relação entre <i>Takt Time</i> , Tempo de Ciclo e <i>Lead Time</i>	20
Figura 7 – Ciclo PDCA	24
Figura 8 – Metodologia 5S	27
Figura 9 – Dmaic	29
Figura 10 – Representação visual do princípio 80/20 utilizado no Diagrama de Pareto	31
Figura 11 – Representação esquemática da ferramenta 5W2H.....	34
Figura 12 – Os oito desperdícios (TIMWOODS) do <i>Lean Manufacturing</i>	36
Figura 13 – Exemplo de quadro <i>Kanban</i> aplicado ao controle de movimentação de estoque	40
Figura 14 – Fluxograma	44
Figura 15 – Vista externa da empresa Potenza Industrial	48
Figura 16 – Atual <i>Layout</i> da Empresa	50
Figura 17 – Fluxograma do processo.....	52
Figura 18 – <i>E-mail</i> de confirmação de pedido e programação de produção	53
Figura 19 – Fonte de solda MIG-MAG	54
Figura 20 – Talhas de movimentação	54
Figura 21 – Empilhadeira a gás.....	56
Figura 22 – Furadeira de bancada	57
Figura 23 – Paleteira	58
Figura 24 – Armazenamento de peças	59
Figura 25 – Tempos mínimos e máximos das etapas iniciais do fluxo de materiais.	60
Figura 26 – Tempo em segundos de movimentação por etapa no <i>layout</i> atual	62
Figura 27 – Situação atual das áreas de estoque da empresa	64
Figura 28 – Diagrama de espaguete representando o fluxo de um item no <i>layout</i> atual da empresa	65
Figura 29 – Legenda utilizada para interpretação do diagrama de espaguete.....	66

Figura 30 – Estimativa mensal de horas gastas com movimentação interna.....	67
Figura 31 – <i>Layout</i> físico proposto para a empresa.	71
Figura 32 – Diagrama de espaguete do <i>layout</i> proposto.....	73
Figura 33 – Comparaçao dos tempos de movimentação entre o <i>layout</i> atual e o <i>layout</i> proposto	74

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	TEMA	8
1.2	DELIMITAÇÃO DO TEMA	9
1.3	PROBLEMA DE PESQUISA	9
1.4	OBJETIVOS	11
1.4.1	Objetivo geral	11
1.4.2	Objetivos específicos.....	11
2	REVISÃO DA LITERATURA	12
2.1	LAYOUT DO PROCESSO PRODUTIVO	12
2.1.1	Tipos de <i>layout</i>	12
2.2	ANÁLISE DE FLUXO DE PRODUÇÃO.....	17
2.3	TEMPO DE CICLO E A CAPACIDADE PRODUTIVA.....	18
2.4	BALANCEAMENTO DE LINHA DE PRODUÇÃO	22
2.5	PADRONIZAÇÃO E CONTROLE DE PRODUÇÃO	22
2.6	FERRAMENTAS DE MELHORIA CONTÍNUA	23
2.6.1	Ferramentas estruturais e de gestão.....	23
2.6.2	Ferramentas de análise de causa raiz e tomada de decisão	30
2.7	LEAN MANUFACTURING.....	35
2.8	FLUXO CONTÍNUO	36
2.9	SISTEMA PUXADO.....	37
2.10	POKA YOKE	38
2.11	KANBAN.....	39
3	METODOLOGIA	41
3.1	LOCAL.....	41
3.2	MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS.....	41
3.3	MATERIAIS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS	45
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	47
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	47
4.2	DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL DA EMPRESA	48
4.2.1	Organização de manufatura do <i>layout</i> atual	49
4.2.2	Processos produtivos da empresa	51
4.3	ANÁLISE DO ESPAÇO FÍSICO E POSSIBILIDADE DE REORGANIZAÇÃO ..58	58
4.4	IDENTIFICAÇÃO DE DESPERDÍCIOS E GARGALOS PRODUTIVOS.....	61
4.5	ANÁLISE DOS TEMPOS E DISTÂNCIAS DO FLUXO PRODUTIVO ATUAL..66	66
4.6	PROPOSTA DO NOVO LAYOUT	68
4.6.1	Diretrizes para a reorganização do <i>layout</i> produtivo	68
4.6.2	Layout proposto para a empresa	69
4.6.3	Comparação entre o <i>layout</i> atual e o proposto	72
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
	REFERÊNCIAS.....	78

1 INTRODUÇÃO

A indústria metalmecânica tem grande importância na economia do Brasil, pois transforma matérias-primas em produtos acabados usados em diversos setores. Por ser um mercado bastante competitivo, as empresas desse segmento buscam constantemente formas de melhorar seus processos produtivos. Isso inclui aumentar a produtividade, reduzir custos e garantir a qualidade. Para alcançar esses objetivos, é essencial investir em melhorias nos processos, como a automação e a reorganização do *layout* das áreas de produção.

O setor metalmecânico é um dos segmentos mais produtivos do setor brasileiro, sendo responsável pelas transformações de matéria prima em produtos acabados que possuem diversas aplicações na sociedade. Nesse contexto, um mercado cada vez mais competitivo intensifica os investimentos no aumento da produtividade, na redução de custos e na garantia da qualidade dos processos. Conforme Oliveira, Sousa e Martins (2019), a reformulação dos processos produtivos em conjunto com automação e a reorganização de *layout*, se fazem essenciais para atender as demandas de mercado.

As inovações relacionadas aos arranjos físicos das grandes instalações industriais são fundamentais para melhorar a eficiência no seu sistema produtivo, buscando o aumento da competitividade, a redução de custos e a otimização de recursos disponíveis. O projeto de *layout* deve ser conduzido à risca, pois através dele será feito o planejamento dos postos de trabalho, a disposição de materiais e equipamentos a fim de garantir um fluxo de produção sem interrupções. De acordo com Favaretto *et al.* (2011), um *layout* eficiente é aquele que busca a eliminação de desperdícios e a maximização da produtividade, desde o primeiro processo até o processo de saída do produto final.

Estudos reforçam a relevância da reorganização do *layout* para otimizar fluxos internos e melhorar o desempenho produtivo. Em uma indústria metalúrgica, observou-se que um *layout* físico inadequado gerava deslocamentos excessivos de operadores e perda de tempo nas atividades. A implementação de um novo arranjo, com vias de acesso otimizadas e melhor distribuição dos equipamentos, resultou em uma significativa redução nas distâncias percorridas e na melhoria do ambiente de trabalho. Isso demonstra que um *layout* bem planejado tem impacto direto na

eficiência operacional, na segurança e na qualidade das atividades produtivas (Silva, 2020).

A tecnologia de corte a laser tem se destacado como uma alternativa mais eficiente em comparação a métodos convencionais, como o oxicorte e o corte mecânico. Seus principais benefícios incluem maior precisão dimensional, menor geração de resíduos, redução de retrabalhos e otimização do tempo de produção. Entretanto, sua implementação em empresas que ainda não possuem essa tecnologia exige adaptações no arranjo físico, devido a requisitos específicos de espaço, ventilação e logística interna. Segundo Silva (2020), a organização espacial exerce grande influência sobre o desempenho produtivo e, quando mal estruturada, pode elevar custos operacionais por meio de movimentações desnecessárias de pessoas e materiais.

Para pequenas indústrias, a adoção do corte a laser representa um avanço competitivo. Contudo, essa vantagem depende diretamente da capacidade da empresa em adequar sua disposição produtiva para integrar a nova tecnologia. Uma configuração inadequada pode resultar em fluxos ineficientes, aumento de tempos de deslocamento e maior esforço operacional. Em contrapartida, um arranjo físico bem planejado favorece a fluidez do processo, melhora as condições de trabalho e contribui para a produtividade, segurança e qualidade final do produto.

Nesse contexto, o objetivo deste estudo é desenvolver uma proposta de reorganização do arranjo físico para integrar uma máquina de corte a laser ao processo produtivo de uma indústria metalúrgica, considerando as necessidades específicas da tecnologia e seus impactos no fluxo de materiais. A proposta busca atender aos requisitos técnicos da nova máquina, otimizar etapas do processo e permitir a fabricação interna de um componente anteriormente adquirido de fornecedores externos. Espera-se que a reorganização contribua para melhorar a eficiência operacional, reduzir deslocamentos internos e promover melhor aproveitamento do espaço disponível, fortalecendo o desempenho produtivo da empresa.

1.1 TEMA

Reorganização do arranjo físico em uma indústria metalmecânica para integrar a tecnologia de corte a laser ao processo de manufatura de chapas metálicas.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

A pesquisa foi delimitada ao setor de manufatura de chapas metálicas de uma empresa do ramo metalmecânico que está em processo de aquisição de uma máquina de corte a laser. O estudo concentra-se exclusivamente na análise do arranjo físico atual e na elaboração de uma proposta de reorganização voltada à integração dessa tecnologia ao fluxo produtivo existente.

A investigação não abrange análises financeiras, escolha do modelo de máquina, estudo de capacidade após a instalação ou avaliação do desempenho operacional futuro, limitando-se ao diagnóstico do espaço produtivo, do fluxo de materiais e das movimentações internas.

Assim, o escopo do trabalho contempla apenas os setores diretamente impactados pela introdução da tecnologia de corte a laser, não se estendendo a demais processos ou áreas administrativas da organização.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

O problema de pesquisa é a questão central que orienta o estudo, devendo ser claro, específico e compreensível, conforme Gil (2010). O problema de pesquisa se origina através da observação de uma situação que apresenta alguma lacuna, ineficiência ou a necessidade de compreensão. A formulação adequada do problema é essencial para delimitar o escopo e direcionar os objetivos a serem alcançados.

A empresa em estudo encontra-se em um momento estratégico de transformação industrial, com a aquisição de uma máquina de corte a laser destinada à fabricação interna de componentes metálicos que, até então, eram terceirizados. Como a organização adota um sistema de produção puxada, sem formação de estoques intermediários, torna-se essencial que a produção ocorra da forma mais eficiente possível, com fluxo contínuo e sincronizado entre as etapas. Essa mudança representa um avanço significativo no processo produtivo, trazendo ganhos potenciais de autonomia, redução de custos e melhoria da qualidade. No entanto, a introdução dessa nova tecnologia impõe a necessidade de uma reestruturação completa do *layout* físico da área fabril, visto que o arranjo atual não contempla requisitos essenciais, como espaço adequado, segurança operacional, fluidez de materiais e integração eficiente com os setores de solda e montagem.

Diante do exposto, o problema de pesquisa pode ser formulado da seguinte forma: Como a reorganização do *layout* para a instalação de uma nova máquina a laser pode garantir maior eficiência e produtividade na fabricação interna das peças metálicas?

JUSTIFICATIVA

A adoção de novas tecnologias no ambiente industrial é uma estratégia essencial para garantir competitividade, elevar o desempenho produtivo e acompanhar as exigências crescentes do mercado. No contexto da empresa estudada, a aquisição de uma máquina de corte a laser representa um avanço significativo, pois viabiliza a fabricação interna de componentes metálicos que anteriormente eram terceirizados, reduzindo a dependência de fornecedores externos e diminuindo o tempo de resposta às demandas de produção.

Entretanto, a introdução dessa tecnologia não se limita à instalação do equipamento. Sua efetividade está diretamente relacionada à adequação do *layout* físico, uma vez que o processo atual apresenta longas distâncias percorridas, cruzamentos de fluxo e ausência de linearidade, resultando em desperdícios por movimentação e tempo improdutivo — condições amplamente evidenciadas pelos dados coletados e pelos diagramas de espaguete analisados ao longo deste estudo.

Assim, reorganizar o arranjo físico torna-se uma necessidade estratégica para garantir que a nova máquina opere com máximo desempenho, assegurando fluidez ao fluxo produtivo, redução de deslocamentos internos, melhor abastecimento entre etapas e maior segurança e ergonomia para os colaboradores. Um *layout* adequado também contribui para aumentar a flexibilidade operacional e preparar a empresa para expansões futuras, permitindo a incorporação de novas tecnologias e a ampliação da capacidade produtiva.

Desse modo, este trabalho se justifica pela relevância prática de propor um *layout* compatível com a nova realidade tecnológica da organização, oferecendo uma solução viável, fundamentada em análises reais do processo e alinhada aos princípios de melhoria contínua. Além do impacto direto na produtividade e eficiência da empresa, o estudo contribui academicamente ao demonstrar, na prática, como pequenas indústrias podem integrar tecnologias avançadas ao seu processo produtivo por meio de um planejamento físico adequado e racional.

1.4 OBJETIVOS

Os objetivos tiveram como finalidade delimitar e orientar o desenvolvimento do estudo. Esses objetivos foram definidos com base na problemática identificada no ambiente produtivo da empresa analisada, considerando a necessidade de propor melhorias relacionadas à eficiência dos processos, à reorganização do *layout* físico e à redução de desperdícios. Dessa forma, os objetivos estabelecidos nortearam as análises e as etapas metodológicas desenvolvidas ao longo da pesquisa.

1.4.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa é elaborar uma proposta de reorganização do arranjo físico de uma empresa metal mecânica, visando a instalação de uma máquina de corte a laser para a fabricação interna de um item.

1.4.2 Objetivos específicos

- a) Analisar o *layout* da área produtiva da empresa, identificando limitações e oportunidades de melhoria;
- b) Mapear o fluxo de materiais, equipamentos e pessoas no setor envolvido;
- c) Identifica o *layout* mais adequado a realidade da empresa;
- d) Comparar o cenário atual e a proposta desenvolvida, destacando os possíveis ganhos em produtividade, organização e redução de desperdícios.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Nesta etapa do trabalho, apresenta-se a revisão da literatura necessária para fundamentar teoricamente os principais conceitos envolvidos na pesquisa, com foco nos processos industriais e suas interações com ferramentas de melhoria contínua, planejamento e controle da produção. A partir da análise de autores consagrados, busca-se embasar as decisões metodológicas adotadas, oferecendo suporte conceitual para a proposta de reorganização do *layout* físico da empresa.

2.1 LAYOUT DO PROCESSO PRODUTIVO

O *layout* da fábrica é um dos principais fatores que interferem na eficiência e produtividade dentro de um ambiente industrial. Sua função é organizar adequadamente os recursos disponíveis, como máquinas, equipamentos, pessoas e materiais de forma a facilitar o fluxo contínuo de operações, reduzir deslocamentos desnecessários e eliminar desperdícios. Um arranjo mal planejado pode resultar em sobrecarga de movimentações, gargalos e perdas de tempo. Segundo Guimarães e Grander (2024), o *layout* deve ser estruturado com foco na fluidez das etapas do processo produtivo e na otimização do espaço, garantindo maior desempenho operacional, segurança e melhor aproveitamento da área disponível.

A organização adequada do *layout* está diretamente relacionada à forma como as atividades são distribuídas fisicamente no chão de fábrica. Camargo (2012) discute diferentes abordagens para modelar e otimizar os processos produtivos, utilizando representações de tempo, como discretas, contínuas e híbridas, que se adaptam às características do sistema produtivo. A utilização de métodos bem estruturados permite lidar com restrições operacionais, aumentar a flexibilidade do processo e alcançar maior produtividade, integrando o planejamento das atividades com o controle efetivo da produção.

2.1.1 Tipos de *layout*

Segundo Neumann e Scalice (2015), a disposição de máquinas e equipamentos em uma empresa requer a definição adequada do tipo de *layout* que melhor atenda às características dos processos produtivos. O autor classifica quatro tipos tradicionais de arranjo físico: o *layout* fixo ou por posicional, o *layout* funcional ou por processo, o *layout* linear ou por produto e o *layout* celular, além do *layout* misto,

que combina características de diferentes configurações para otimizar o fluxo produtivo.

2.1.1.1 *Layout fixo ou posicional*

O *layout* fixo, também denominado arranjo físico posicional, é caracterizado pela permanência do produto em um único local, enquanto os recursos necessários como máquinas, equipamentos e operadores se deslocam até ele para a execução das atividades. Segundo Neumann e Scalice (2015), esse tipo de disposição é indicado para produtos de grandes dimensões, elevado peso ou difícil movimentação, como estruturas metálicas, embarcações ou máquinas agrícolas. Essa configuração permite maior flexibilidade e acompanhamento das etapas produtivas, porém exige um controle rigoroso de logística e planejamento, pois o deslocamento constante dos recursos pode aumentar o tempo de execução e os custos operacionais. A Figura 1 demonstra o funcionamento do *layout* fixo.

Figura 1 – Arranjo fixo



Fonte: Neumann e Scalice, 2015, p. 213

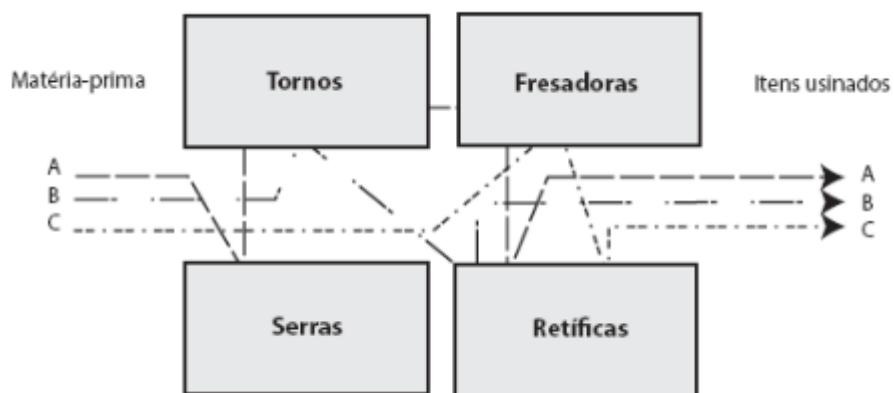
De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2009), o *layout* posicional é adotado quando o objeto de trabalho não pode ser movido, exigindo que os recursos transformadores se ajustem ao seu entorno, reforçando a ideia de que essa configuração é apropriada para produtos de grande porte e processos de baixa repetitividade.

2.1.1.2 *Layout funcional ou por processo*

O *layout* funcional, também chamado de *layout* por processo, organiza máquinas e equipamentos de acordo com a função que desempenham, formando

setores especializados. Segundo Neumann e Scalice (2015), esse tipo de arranjo é indicado para produções por lote ou sob encomenda, pois oferece flexibilidade e melhor aproveitamento dos recursos, embora exija maior controle do fluxo de materiais e do tempo de produção. A Figura 2 ilustra a disposição típica de um *layout* funcional, evidenciando a organização por setores conforme as funções desempenhadas.

Figura 2 – *Layout* funcional ou por processo



Fonte: Neumann e Scalice, 2015, p. 213

De forma complementar, Martins *et al.* (2006) destacam que o *layout* funcional agrupa equipamentos semelhantes em um mesmo setor, o que favorece a adaptação a diferentes tipos de produtos, embora exija planejamento do fluxo de materiais para evitar deslocamentos excessivos e gargalos entre as áreas produtivas.

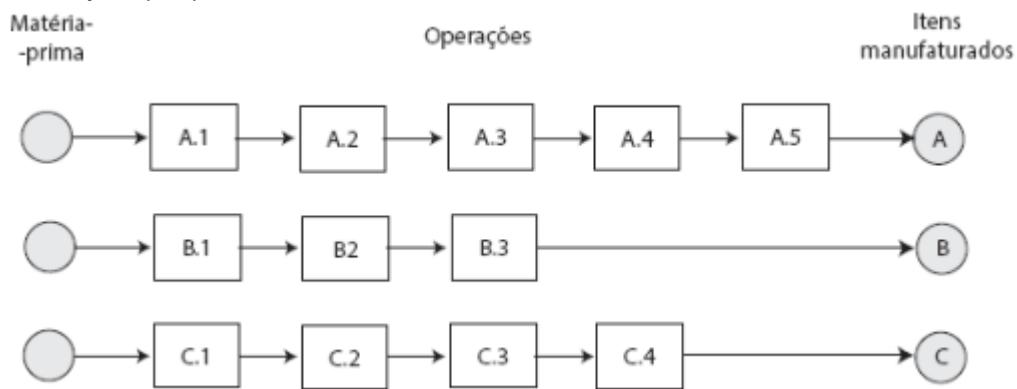
2.1.1.3 *Layout* linear ou por produto

O *layout* por produto, também chamado de *layout* em linha, organiza máquinas e estações de trabalho conforme a sequência das operações de produção. Segundo Neumann e Scalice (2015), é indicado para produtos padronizados e fabricados em grandes volumes, pois permite fluxo contínuo e menor tempo de processamento.

De acordo com Martins e Laugeni (2015), o *layout* por produto segue um arranjo sequencial de processos, sem possibilidade de desvios no percurso produtivo. Essa característica o torna adequado para linhas de produção padronizadas e de alta repetitividade, nas quais o fluxo linear garante estabilidade e controle sobre as operações. Contudo, destaca-se que esse sistema demanda altos investimentos e apresenta menor flexibilidade diante de mudanças no tipo ou volume de produtos. A

Figura 3 apresenta a disposição de uma fábrica organizada segundo o *layout* por produto, evidenciando o fluxo sequencial das operações.

Figura 3 – *Layout* por produto



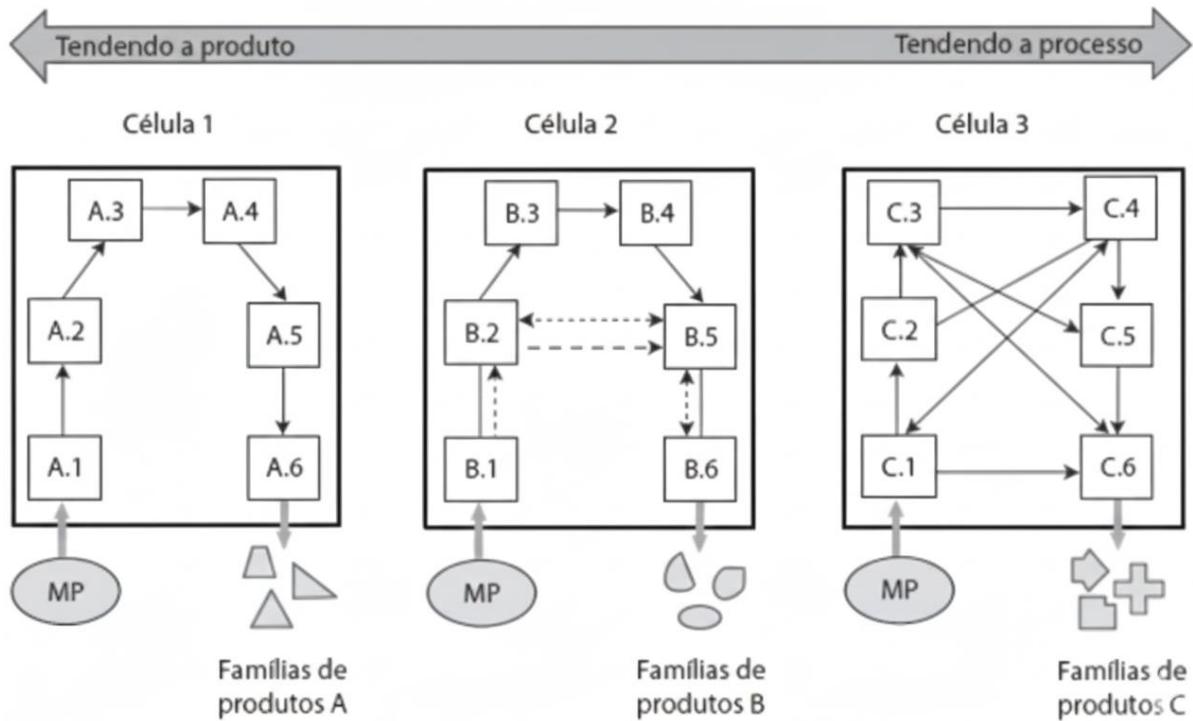
Fonte: Neumann e Scalice, 2015, p. 215

Segundo Neumann e Scalice (2015), o *layout* por produto apresenta fluxo contínuo, simples e direto, com equipamentos dispostos de acordo com a sequência das operações. Esse tipo de arranjo é característico de sistemas produtivos de alto volume e baixa variedade, como na fabricação de automóveis, alimentos e equipamentos eletrônicos. Seu principal desafio está no balanceamento das linhas de produção, buscando equilibrar o tempo de trabalho entre operadores e máquinas para garantir ritmo uniforme e maior eficiência operacional.

2.1.1.4 *Layout* celular

O *layout* celular organiza máquinas e equipamentos de diferentes funções em uma mesma célula, permitindo que o produto seja fabricado integralmente em um único fluxo. Segundo Penna (2023), esse modelo, fundamentado nos princípios da manufatura enxuta, reduz deslocamentos e desperdícios, melhora a produtividade e a flexibilidade, sendo indicado para processos com média variedade e volume moderado de produção. A Figura 4 ilustra a estrutura de um *layout* celular, apresentando diferentes células de manufatura voltadas para famílias de produtos específicos.

Figura 4 – Layout celular



Fonte: Neumann e Scalice, 2015, p.220

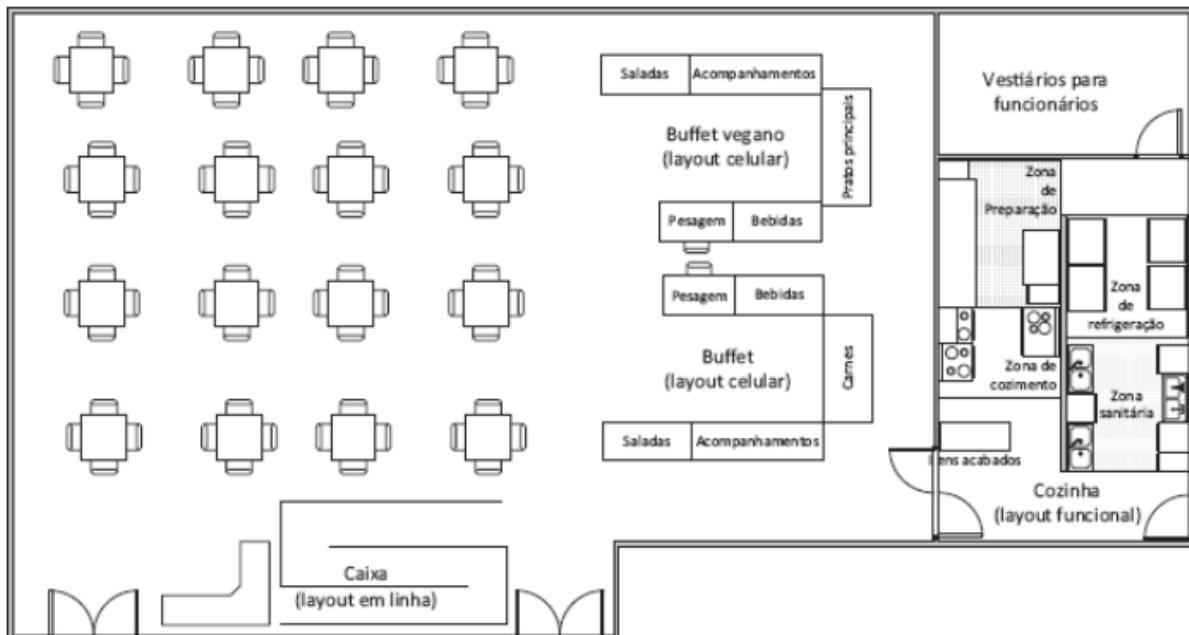
O *layout* celular também se destaca pela sua aplicabilidade em empresas de pequeno porte, nas quais o espaço físico é limitado e a organização do ambiente influencia diretamente a produtividade. De acordo com Silva *et al.* (2023), essa configuração contribui para otimizar o uso do espaço, reduzir o tempo de deslocamento dos colaboradores e melhorar o fluxo de trabalho, além de proporcionar um ambiente mais ergonômico e menos estressante. A adoção desse modelo favorece a comunicação entre os membros da equipe e resulta em maior eficiência operacional, reforçando a importância da padronização e da organização no processo produtivo.

2.1.1.5 LAYOUT MISTO

O *layout* misto combina elementos de diferentes tipos de arranjos físicos, buscando aproveitar as vantagens de cada um para otimizar o processo produtivo. Segundo Leite *et al.* (2024), essa configuração é amplamente utilizada em ambientes industriais que possuem diversidade de produtos ou processos, permitindo uma melhor integração entre setores e maior eficiência na utilização dos recursos. O modelo se destaca pela flexibilidade, possibilitando tanto o fluxo contínuo de materiais quanto a adaptação às variações de demanda e espaço disponível.

O *layout* misto, segundo Neumann e Scalice (2015), combina elementos de diferentes tipos de arranjos físicos, como o funcional e o em linha, buscando equilibrar eficiência e flexibilidade no processo produtivo. Essa configuração é utilizada quando uma única forma de *layout* não atende plenamente às necessidades da produção, permitindo melhor adaptação a diferentes etapas e volumes de trabalho. A Figura 5 apresenta um exemplo de *layout* misto, evidenciando a integração entre distintos tipos de arranjos em um mesmo ambiente fabril.

Figura 5 – *Layout* misto



Fonte: Neumann e Scalice, 2015, p.223

Além de integrar diferentes tipos de arranjos, o *layout* misto permite adaptar a estrutura produtiva de acordo com o porte da empresa e as variações do *mix* de produtos. Segundo Neumann e Scalice (2015), essa configuração é vantajosa por possibilitar ajustes contínuos na disposição dos equipamentos, otimizando o aproveitamento do espaço e o fluxo de materiais. Dessa forma, o *layout* misto se destaca por sua versatilidade e pela capacidade de equilibrar produtividade e personalização no ambiente fabril.

2.2 ANÁLISE DE FLUXO DE PRODUÇÃO

O Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), ou *Value Stream Mapping* (VSM), é uma ferramenta pertencente ao sistema *Lean* que permite visualizar todas as etapas envolvidas no fluxo de materiais e informações ao longo do processo produtivo, desde

o fornecedor até o cliente. De acordo com Santos, Ferraz e Silva (2019), o VSM é capaz de representar graficamente o sistema produtivo, identificando os processos que agregam valor e aqueles que geram desperdícios, como estoques excessivos, movimentações desnecessárias e gargalos. A aplicação dessa ferramenta fornece uma base sólida para análises de melhoria contínua, pois permite mapear o estado atual do processo e propor um estado futuro mais eficiente, promovendo a redução de custos, o aumento da produtividade e o equilíbrio entre os tempos de ciclo e o *takt time*.

O diagrama de espaguete é uma ferramenta do sistema *Lean Manufacturing* utilizada para representar graficamente os caminhos percorridos por operadores, materiais ou produtos dentro de um ambiente produtivo. Seu nome deriva do emaranhado de linhas que se forma durante a análise, semelhante a um prato de espaguete, evidenciando movimentações redundantes ou desnecessárias. Segundo Cardoso, Pojo e Martins (2024), essa ferramenta permite identificar gargalos, cruzamentos de fluxos e trajetos excessivamente longos, possibilitando intervenções estratégicas no *layout* físico da organização. A análise realizada por meio do diagrama oferece subsídios para a reorganização dos postos de trabalho. Essa reorganização pode reduzir o tempo de deslocamento e aumentar a eficiência operacional, sem necessariamente exigir investimentos em infraestrutura. Dessa forma, o uso do diagrama de espaguete contribui diretamente para o aprimoramento do fluxo produtivo e para a eliminação de desperdícios relacionados à movimentação.

2.3 TEMPO DE CICLO E A CAPACIDADE PRODUTIVA

O estudo de tempos e movimentos é uma metodologia voltada à análise detalhada das atividades realizadas no processo produtivo, com o objetivo de estabelecer padrões de trabalho eficientes, reduzir desperdícios e aumentar a produtividade. Segundo Costa *et al.* (2020), a aplicação dessa técnica permite uma avaliação sistemática dos processos por meio da cronometragem e observação direta, possibilitando a identificação do tempo padrão e da capacidade operacional de uma atividade. Essa abordagem, fundamentada nos estudos de Taylor e dos Gilbreth, continua sendo amplamente utilizada na indústria para padronização de tarefas, racionalização de recursos e eliminação de etapas improdutivas. Ainda de acordo com os autores, a mensuração do tempo padrão é essencial para garantir estabilidade

operacional e para embasar decisões sobre melhorias, realocação de recursos e planejamento da produção.

A eficiência e a eficácia são conceitos fundamentais na avaliação do desempenho organizacional, especialmente em ambientes produtivos. A eficiência está relacionada ao uso racional dos recursos disponíveis, buscando realizar atividades com o menor desperdício possível, enquanto a eficácia está ligada ao grau de alcance dos objetivos planejados. Segundo Teixeira *et al.* (2019), só é possível gerir de forma eficaz quando se é capaz de medir o desempenho e o progresso em relação a um plano estabelecido, sendo os indicadores de desempenho as ferramentas que fornecem essa visibilidade. Essa abordagem permite não apenas o controle operacional das atividades, mas também a sua real contribuição para os resultados estratégicos da organização.

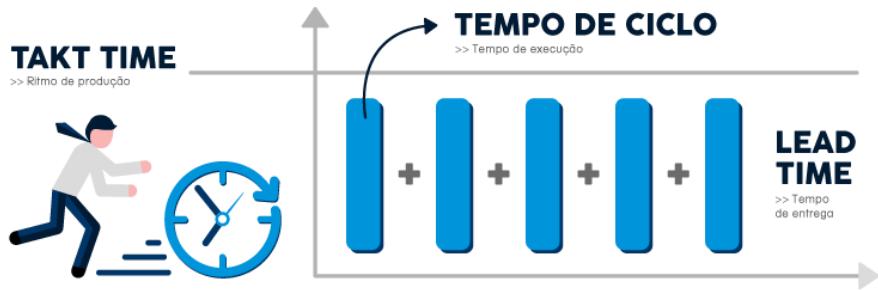
Takt Time é um indicador fundamental para o balanceamento das operações, pois determina o ritmo de produção necessário para atender à demanda do cliente no tempo disponível de trabalho. Sua aplicação permite ajustar o fluxo produtivo, evitando tanto a ociosidade quanto a sobrecarga dos recursos. Segundo Luciano *et al.* (2023), o uso do *takt time* aliado ao mapeamento do fluxo de valor (MFV) possibilita identificar gargalos, eliminar desperdícios e sincronizar as etapas do processo, tornando a produção mais eficiente e estável. Dessa forma, o *takt time* atua como um parâmetro essencial para alinhar a capacidade produtiva ao ritmo da demanda, garantindo maior equilíbrio entre planejamento e execução.

O tempo de ciclo, por sua vez, representa o tempo total necessário para que uma unidade de produto percorra todas as etapas do processo produtivo — do início até a conclusão. Luciano *et al.* (2023) destacam que a análise do tempo de ciclo permite compreender o desempenho real da linha de produção, identificar etapas que agregam e que não agregam valor e propor melhorias no fluxo. Quando monitorado em conjunto com o *takt time*, o *cycle time* se torna uma ferramenta estratégica para a padronização de processos e controle da eficiência operacional.

A Figura 6 ilustra a relação entre *Takt Time*, Tempo de Ciclo e *Lead Time*, demonstrando como esses indicadores estão interligados no gerenciamento do fluxo produtivo. Enquanto o *Takt Time* define o ritmo ideal de produção, o tempo de ciclo expressa o tempo efetivo de execução de uma atividade, e o *Lead Time* representa o tempo total decorrido entre o início do processo e a entrega final ao cliente. Segundo Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018), a análise do *Lead Time* é essencial para

compreender o desempenho global do sistema produtivo, pois permite identificar perdas ocultas, estoques intermediários e atrasos que comprometem a fluidez do processo. A avaliação conjunta desses elementos é essencial para o balanceamento da linha de produção, a eliminação de gargalos e o alcance de um fluxo contínuo e eficiente.

Figura 6 – Relação entre *Takt Time*, Tempo de Ciclo e *Lead Time*



Fonte: Adaptado de Luciano et al., 2023

A partir da análise da figura 6, observa-se que a harmonização entre *Takt Time*, Tempo de Ciclo e *Lead Time* é determinante para a estabilidade do processo produtivo. Quando esses indicadores estão alinhados, o sistema opera em fluxo contínuo, reduzindo esperas e retrabalhos. Por outro lado, desvios entre eles evidenciam desequilíbrios de capacidade e ineficiências operacionais, que devem ser identificados e corrigidos por meio de ajustes de *layout*, balanceamento de linha e melhoria de métodos. Assim, o uso conjunto desses parâmetros constitui uma base sólida para o planejamento da produção e aumento da competitividade industrial.

A cronoanálise é uma técnica essencial para o estudo de tempos e movimentos, utilizada com o propósito de mensurar, analisar e aperfeiçoar as atividades que compõem um processo produtivo. Segundo Lima et al. (2020), a aplicação dessa ferramenta possibilita determinar o tempo padrão de execução de uma operação, identificar a capacidade produtiva e dimensionar adequadamente os recursos humanos e materiais necessários. Por meio da observação direta e da cronometragem dos elementos de trabalho, o engenheiro de produção consegue eliminar movimentos desnecessários, reduzir tempos improdutivos e estabelecer padrões de desempenho baseados em dados reais. Dessa forma, a cronoanálise contribui para o aumento da produtividade, a racionalização de recursos e o melhor planejamento das atividades industriais, sendo uma das bases para o aprimoramento contínuo dos métodos de trabalho e da eficiência operacional.

A aplicação da cronoanálise em ambientes produtivos possibilita não apenas medir tempos de execução, mas também repensar o fluxo operacional e promover melhorias contínuas. Segundo Bezerra *et al.* (2018), o uso dessa técnica, aliado aos princípios do *Lean Manufacturing*, permite identificar desperdícios relacionados a movimentações desnecessárias, retrabalhos e falta de padronização. A partir da coleta de dados e observação direta das atividades, torna-se possível redesenhar processos, otimizar o *layout* e treinar os colaboradores para alcançar maior eficiência. Dessa forma, a cronoanálise consolida-se como uma ferramenta essencial para o aprimoramento da produtividade e padronização dos métodos de trabalho, garantindo a sustentabilidade dos resultados obtidos e servindo de base para novas práticas de melhoria contínua.

A capacidade produtiva corresponde ao volume máximo que um sistema consegue produzir com os recursos disponíveis, enquanto a produtividade expressa a eficiência no uso desses recursos. Segundo Jacomossi e Feldmann (2020), o aumento da produtividade não depende apenas da ampliação da capacidade instalada, mas também da eficiência da gestão e da capacidade da empresa de aplicar novos conhecimentos. Assim, a produtividade resulta da interação entre tecnologia, inovação e boas práticas gerenciais, enquanto a capacidade produtiva define os limites operacionais do processo.

A análise da capacidade produtiva em conjunto com a produtividade total dos fatores permite compreender de forma mais ampla a eficiência do sistema produtivo. Segundo Vieira Filho (2023), a produtividade está diretamente associada à quantidade de valor gerado por unidade de recurso empregado, sendo influenciada por fatores como tecnologia, inovação e qualificação da mão de obra. A simples ampliação da capacidade produtiva não garante o aumento da produtividade, se os insumos não forem utilizados de forma racional e integrada aos avanços tecnológicos. Dessa forma, é essencial que as organizações adotem estratégias que promovam a absorção de conhecimento e o aprimoramento contínuo dos processos, equilibrando o crescimento da capacidade instalada com a eficiência operacional. Essa relação evidencia que o verdadeiro ganho produtivo não está apenas em produzir mais, mas em produzir melhor, com qualidade, menor desperdício e maior valor agregado.

2.4 BALANCEAMENTO DE LINHA DE PRODUÇÃO

O balanceamento e o nivelamento de linha de produção são práticas fundamentais para a melhoria da eficiência operacional, especialmente em ambientes com alta demanda e variedade de operações. O balanceamento busca distribuir equitativamente as tarefas entre os postos de trabalho, considerando o tempo de ciclo e as restrições do processo, a fim de minimizar a ociosidade e evitar gargalos. O nivelamento, por sua vez, está relacionado à regularidade do fluxo de produção, reduzindo variações e garantindo que o ritmo produtivo acompanhe a demanda. Em estudo aplicado por Vilela *et al.* (2020), a aplicação combinada de técnicas de balanceamento e simulação computacional possibilitou a reorganização das operações em dois postos de trabalho, respeitando a lógica de precedência e o tempo *takt*, o que resultou na otimização do uso dos recursos humanos e na eliminação de desperdícios, confirmando a eficácia do balanceamento como ferramenta de racionalização produtiva.

Complementarmente, a aplicação de práticas de melhoria contínua atreladas ao balanceamento de linha se mostra eficaz para a identificação e correção de falhas no processo produtivo. Segundo Medeiros *et al.* (2020), o uso integrado de ferramentas como Diagrama de Pareto, 5W1H, Diagrama de Ishikawa e cronoanálise permitiu reduzir desperdícios, padronizar tarefas e diminuir o tempo de execução em um setor de montagem industrial. A redução significativa da movimentação interna e da carga horária planejada por operador são indicativos de que o balanceamento, aliado à melhoria contínua, contribui para o aumento da produtividade e para a consolidação de um fluxo mais enxuto, estável e eficiente. Essa abordagem favorece também a criação de uma cultura organizacional voltada à prevenção de falhas, à padronização e ao engajamento coletivo na busca por melhores resultados.

2.5 PADRONIZAÇÃO E CONTROLE DE PRODUÇÃO

O Procedimento Operacional Padrão (POP) é uma ferramenta essencial para a padronização de processos, atuando diretamente na consistência, segurança e qualidade das operações industriais. De acordo com Silva *et al.* (2024), os POPs estabelecem diretrizes claras e uniformes que orientam a execução das atividades, além de integrarem-se à filosofia da melhoria contínua ao possibilitar revisões e aprimoramentos constantes. A padronização proporcionada por esse tipo de

documento contribui para a redução de falhas, a eliminação de desperdícios e a otimização do tempo de execução, garantindo que as tarefas sejam realizadas de forma previsível e eficaz. A eficácia dos POPs, portanto, está diretamente relacionada à clareza das instruções, à atualização periódica de seu conteúdo e ao treinamento adequado dos operadores, assegurando sua aplicação consistente no ambiente produtivo.

A análise e melhoria de processos operacionais constituem uma estratégia fundamental para a redução de falhas, o aumento da produtividade e o controle de desperdícios nas organizações. A gestão por processos possibilita a estruturação das atividades com fluxos definidos, favorecendo a visualização das etapas críticas e a identificação de gargalos. Dickel e Siluk (2015) destacam que a falta de padronização, a duplicidade de tarefas e falhas na comunicação entre setores são causas recorrentes de ineficiências em ambientes industriais. Nesse contexto, a aplicação de ferramentas estatísticas descritivas permite mensurar falhas e direcionar ações corretivas, contribuindo para a melhoria do desempenho organizacional e da confiabilidade junto ao cliente final.

2.6 FERRAMENTAS DE MELHORIA CONTÍNUA

As ferramentas de melhoria contínua constituem um conjunto de métodos e técnicas voltados à identificação, análise e eliminação de desperdícios, falhas e ineficiências nos processos produtivos. Segundo Slack, Brandon-Jones e Burgess (2023), essas ferramentas permitem que as organizações aprimorem continuamente seus resultados, promovendo a padronização e a estabilidade operacional. Para Neumann e Scalice (2015), sua aplicação sistemática é essencial para garantir competitividade e sustentabilidade no ambiente industrial, pois favorece o controle de qualidade e o aumento da produtividade.

2.6.1 Ferramentas estruturais e de gestão

As ferramentas estruturais e de gestão são amplamente utilizadas no contexto da gestão de processos com o objetivo de organizar, analisar e aprimorar as atividades desenvolvidas nas organizações. Essas ferramentas auxiliam na identificação de falhas, na padronização dos processos e no suporte à tomada de decisão, contribuindo para a melhoria da eficiência operacional e para a redução de

desperdícios. No ambiente industrial, sua aplicação permite estruturar informações, analisar dados e embasar ações de melhoria alinhadas aos princípios da gestão por processos e da melhoria contínua.

2.6.1.1 Ciclo PDCA

O ciclo PDCA é uma ferramenta estruturada de gestão voltada à melhoria contínua dos processos produtivos e administrativos, sendo amplamente utilizada para promover eficiência operacional e padronização das atividades. Segundo Lopes e Alves (2020), o método é composto por quatro etapas — planejar (*Plan*), executar (*Do*), verificar (*Check*) e agir (*Act*) — que se repetem de forma cíclica, permitindo o controle e o aprimoramento constante das operações. Sua aplicação possibilita identificar falhas, propor ações corretivas e consolidar práticas que elevam a qualidade e a produtividade. No contexto da indústria metalmecânica, o PDCA é essencial no gerenciamento e na melhoria dos processos internos, especialmente em análises relacionadas à reorganização do arranjo físico. A seguir, apresenta-se um esquema ilustrativo das etapas do ciclo PDCA Figura 7.

Figura 7 – Ciclo PDCA



Fonte: Lopes e Alves, 2020, p. 219

O diagrama ilustra as quatro etapas do ciclo PDCA, destacando sua característica contínua e sua aplicação na estruturação e no aperfeiçoamento dos processos produtivos.

Segundo Lopes e Alves (2020), as etapas do ciclo PDCA podem ser compreendidas da seguinte forma:

- *Plan* (Planejar), consiste em definir objetivos claros, identificar problemas, analisar suas causas e elaborar um plano de ação estruturado para alcançar as metas propostas.
- *Do* (Executar), ocorre a implementação do plano, acompanhada de treinamento, comunicação e engajamento dos colaboradores para assegurar a correta aplicação das ações.
- *Check* (Verificar), tem como finalidade avaliar se os resultados obtidos estão alinhados ao que foi planejado, por meio da análise de dados e relatórios de desempenho.
- *Act* (Agir) envolve a padronização das práticas bem-sucedidas e a correção das não conformidades, promovendo o reinício do ciclo e garantindo a melhoria contínua dos processos.

De acordo com Ricci, Magrini e Pandolfi (2021), o ciclo PDCA é uma ferramenta fundamental de gestão da qualidade, estruturada para promover a melhoria contínua e o controle eficaz de processos dentro das organizações. Sua aplicação sistemática permite identificar falhas, implementar ações corretivas e padronizar boas práticas, garantindo maior eficiência operacional e redução de desperdícios. O método, composto pelas etapas de planejar (*Plan*), executar (*Do*), verificar (*Check*) e agir (*Act*), propicia um acompanhamento cílico das atividades e fomenta a cultura de aperfeiçoamento contínuo em todos os níveis organizacionais.

Ainda baseado nos mesmos autores, o PDCA contribui para o alinhamento entre planejamento estratégico e execução operacional, tornando-se essencial em ambientes produtivos que buscam excelência e competitividade. No contexto industrial, sua utilização favorece o monitoramento dos processos de manufatura e a padronização das melhorias implementadas, atuando como base para a gestão de qualidade e para a sustentabilidade dos resultados alcançados.

2.6.1.2 *Kaizen*

O *Kaizen* é uma metodologia que visa a melhoria contínua dos processos produtivos, fundamentada na eliminação sistemática de desperdícios e no envolvimento de todos os colaboradores da organização. Segundo Araujo e Rentes (2006), o *Kaizen* pode ser aplicado em dois níveis: o *kaizen* de fluxo, voltado ao sistema e direcionado à gestão do fluxo de valor, e o *kaizen* de processo, focado em operações específicas e conduzido por equipes de trabalho. Sua implementação,

frequentemente realizada por meio de eventos *Kaizen*, busca promover mudanças rápidas e eficazes em áreas específicas, utilizando recursos internos e ferramentas da manufatura enxuta, como o *Kanban* e o 5S. Esses eventos proporcionam ganhos significativos de produtividade, redução de movimentações desnecessárias, reorganização de *layouts* e aumento do engajamento dos colaboradores. De acordo com os autores, quando conduzido de forma estruturada e alinhada a uma visão estratégica de longo prazo, o *Kaizen* se torna uma ferramenta dinâmica e sustentável para a condução da mudança organizacional, estimulando a participação dos colaboradores e o aproveitamento de talentos internos.

Além de contribuir para a eliminação de desperdícios e o aumento da eficiência produtiva, o *Kaizen* destaca-se por seu caráter abrangente e adaptável a diferentes áreas organizacionais. Segundo Meneses Neto et al. (2021), essa metodologia promove melhorias contínuas não apenas na produção, mas também em setores administrativos, logísticos e de serviços. O sucesso do *Kaizen* está associado ao envolvimento dos colaboradores e ao uso de soluções simples e de baixo custo, favorecendo uma cultura organizacional voltada à melhoria contínua e à competitividade das empresas.

2.6.1.3 Metodologia 5S

O programa 5S é uma metodologia originária do Japão que visa promover a melhoria contínua por meio da organização, padronização e disciplina no ambiente de trabalho. De acordo com Nakahara (2022), a ferramenta baseia-se em cinco princípios: *Seiri* (senso de utilização), *Seiton* (senso de organização), *Seiso* (senso de limpeza), *Seiketsu* (senso de padronização) e *Shitsuke* (senso de autodisciplina), sendo cada um responsável por fortalecer a cultura da qualidade e contribuir para a eficiência dos processos. A autora destaca que a aplicação prática do 5S resulta na otimização do espaço, redução de desperdícios, melhoria da segurança, maior controle dos recursos e fortalecimento da disciplina organizacional. Além disso, a metodologia estimula a participação dos colaboradores, melhorando a comunicação, a motivação e o desempenho coletivo. A manutenção dos ganhos obtidos depende da consolidação dos cinco sensos como hábito na rotina dos trabalhadores, o que exige treinamentos constantes, auditorias periódicas e o engajamento da liderança em sustentar a cultura de melhoria contínua no ambiente fabril.

A Figura 8 apresenta uma representação visual dos cinco sensos do programa 5S, conforme descritos por Nakahara (2022), facilitando a compreensão dos princípios fundamentais da metodologia.

Figura 8 – Metodologia 5S



Fonte: Adaptado de Nakahara, 2022

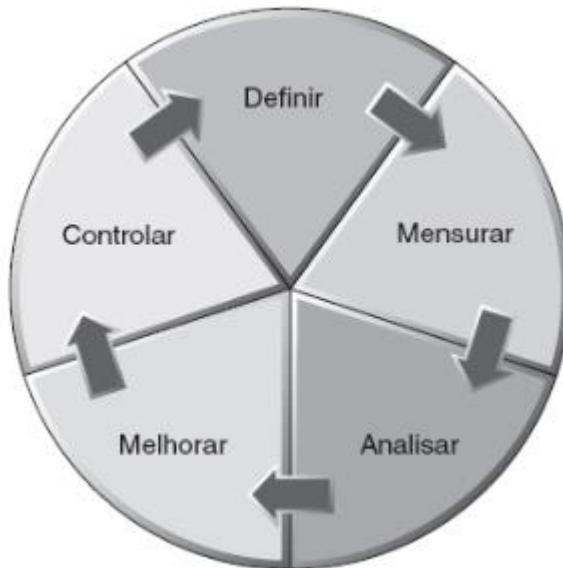
A implementação do programa 5S representa, portanto, um ponto de partida essencial para práticas mais amplas de melhoria contínua. Conforme argumenta Carvalho (2021), a melhoria contínua é uma filosofia que busca, de forma estruturada e sistemática, reduzir a distância entre o desempenho atual e os objetivos estratégicos das organizações, promovendo transformações graduais e sustentáveis. O 5S contribui diretamente para esse processo ao criar um ambiente propício à padronização, ao controle visual e à eliminação de desperdícios, aspectos fundamentais do pensamento *Lean*. Além disso, tanto o 5S quanto a melhoria contínua compartilham a valorização do engajamento dos colaboradores, da disciplina operacional e da busca constante por eficiência e excelência nos processos. Quando bem implementados, esses princípios deixam de ser apenas ferramentas pontuais e passam a constituir uma cultura organizacional voltada à inovação e ao aperfeiçoamento contínuo.

2.6.1.4 *Lean Six Sigma*

A metodologia *Lean Six Sigma* resulta da integração entre os princípios do *Lean Manufacturing* e do *Six Sigma*, combinando a eliminação de desperdícios com a redução da variabilidade dos processos. De acordo com Oliveira, Santos Filho e Santos (2024), sua aplicação sistemática contribui para o aumento da eficiência, confiabilidade e qualidade, além da redução de custos e falhas. Estruturada no ciclo DMAIC, a metodologia orienta a identificação de problemas, a análise das causas e a padronização das melhorias, sendo amplamente aplicada na indústria metalmecânica para a melhoria do desempenho operacional e da competitividade.

O ciclo DMAIC, amplamente utilizado na metodologia *Lean Six Sigma*, é uma ferramenta estruturada de melhoria contínua que visa reduzir variações e eliminar desperdícios nos processos produtivos. Segundo Oliveira, Santos Filho e Santos (2024), o método orienta a análise e o aperfeiçoamento dos processos por meio de etapas sequenciais e baseadas em dados, promovendo decisões mais precisas e sustentáveis. A Figura 9 representa graficamente o ciclo DMAIC.

Figura 9 – Dmaic



Fonte: Adaptado de Slack; Brandon-Jones; Burgess, 2023

Segundo Oliveira, Santos Filho e Santos (2024), o método DMAIC é composto por etapas estruturadas que orientam projetos de melhoria contínua:

- **Definir:** nesta fase são identificados o problema principal, os objetivos do projeto e o escopo da melhoria. Define-se claramente o que precisa ser aprimorado, quem será impactado e quais resultados se espera alcançar. O foco está em compreender as necessidades do cliente e alinhar metas mensuráveis;
- **Analizar:** nessa etapa, os dados coletados são examinados para identificar as causas raízes das falhas ou variações no processo. Utilizam-se ferramentas estatísticas e de qualidade, como o diagrama de Ishikawa e a análise de Pareto, para compreender a origem dos desvios e priorizar ações de melhoria;
- **Melhorar:** após identificar as causas, desenvolvem-se e aplicam-se soluções que eliminem os problemas detectados. São testadas alternativas e selecionadas as mais eficazes, promovendo melhorias no processo e buscando aumento de eficiência, redução de desperdícios e otimização dos resultados;
- **Controlar:** a última fase busca garantir que as melhorias implementadas sejam mantidas ao longo do tempo. São criados padrões, instruções de trabalho e monitoramentos contínuos para prevenir o retorno dos problemas, assegurando a estabilidade e o controle do novo processo.

A metodologia *Six Sigma* é amplamente reconhecida por seu foco na redução da variabilidade e na padronização dos processos produtivos, promovendo melhorias

contínuas orientadas por dados e indicadores de desempenho. Segundo Gardim *et al.* (2024), o *Six Sigma*, quando aplicado de forma integrada à filosofia *Lean*, contribui significativamente para a otimização dos fluxos operacionais, reduzindo tempos de ciclo, falhas e desperdícios. A abordagem baseia-se no uso de ferramentas estatísticas e na aplicação do ciclo DMAIC, que permite identificar causas de ineficiências e propor soluções sustentáveis. Embora o estudo de Gardim e colaboradores tenha sido desenvolvido no contexto hospitalar, os resultados demonstram o potencial do *Six Sigma* em diferentes setores industriais, incluindo o metalmecânico, onde a precisão e o controle de processos são essenciais para a eficiência produtiva, qualidade e redução de custos.

2.6.2 Ferramentas de análise de causa raiz e tomada de decisão

A aplicação das ferramentas de análise de causa raiz e tomada de decisão é fundamental para o sucesso dos programas de melhoria contínua. Essas metodologias permitem compreender os problemas de forma estruturada, identificar suas causas principais e definir ações corretivas eficazes, evitando que as falhas se repitam. Segundo Carpinetti (2016), a utilização dessas ferramentas contribui para a padronização das decisões e o aumento da eficácia das melhorias, uma vez que torna o processo analítico mais objetivo e baseado em evidências.

2.6.2.1 5 Porquês

O método dos 5 Porquês é uma ferramenta de análise de causa raiz amplamente utilizada na gestão da qualidade e nos programas de melhoria contínua, cujo propósito é identificar a causa fundamental de um problema por meio de questionamentos sucessivos. Desenvolvido por Taiichi Ohno, no contexto do Sistema Toyota de Produção (TPS), o método propõe perguntar “por quê?” de forma sequencial — geralmente cinco vezes — até alcançar a origem do desvio. Segundo Oliveira e Tarrento (2025), essa técnica destaca-se por sua simplicidade e por envolver os colaboradores diretamente relacionados ao processo, permitindo compreender a lógica dos problemas e propor ações corretivas eficazes.

De acordo com Rocha, Pakes e Silva (2022), o uso dos 5 Porquês contribui para tornar o processo de tomada de decisão mais assertivo e as soluções mais sustentáveis, uma vez que direciona as equipes a atacar as causas e não apenas os

efeitos. Quando associada a outras ferramentas da qualidade, como o Diagrama de Ishikawa, e 5W2H e o *Poka Yoke*, essa metodologia potencializa os resultados obtidos, promovendo a eliminação de desperdícios, a padronização dos processos e o fortalecimento da cultura de melhoria contínua nas organizações.

2.6.2.2 Diagrama de Pareto

O Diagrama de Pareto é uma ferramenta gráfica amplamente utilizada na gestão da qualidade para identificar e priorizar as causas mais relevantes de um problema. Baseia-se no princípio de que a maioria dos efeitos resulta de um número reduzido de causas significativas conhecido como o Princípio de Pareto ou regra 80/20. Dessa forma, a ferramenta auxilia as organizações a concentrar esforços nas causas que geram o maior impacto sobre o processo produtivo. Segundo Lélis (2018) *apud* Inácio *et al.* (2023), o diagrama é construído a partir da coleta, classificação e ordenação dos dados em ordem decrescente de frequência, permitindo visualizar claramente quais fatores merecem maior atenção. A sua aplicação possibilita direcionar ações corretivas e de melhoria contínua de forma mais eficaz, reduzindo desperdícios, retrabalhos e aumentando a eficiência operacional.

A Figura 10 apresenta uma representação visual do princípio 80/20, que embasa o Diagrama de Pareto e ilustra a distribuição desigual entre causas e efeitos, facilitando a compreensão do conceito.

Figura 10 – Representação visual do princípio 80/20 utilizado no Diagrama de Pareto



Fonte: AEVO, 2023

Além de sua função analítica, o Diagrama de Pareto também se destaca como uma ferramenta estratégica para a tomada de decisão no ambiente industrial,

especialmente quando utilizado em conjunto com metodologias de melhoria contínua, como o *Total Productive Maintenance* (TPM). De acordo com Sena *et al.* (2021), a aplicação do Pareto permite evidenciar as principais causas de perdas produtivas, possibilitando que os gestores concentrem esforços nas ocorrências mais impactantes sobre o desempenho das máquinas e processos. O gráfico auxilia na identificação de gargalos e na priorização de intervenções corretivas, contribuindo para a redução de paradas não programadas, retrabalhos e desperdícios. Em contextos industriais, o uso dessa ferramenta favorece o aumento da disponibilidade dos equipamentos e o melhor aproveitamento dos recursos produtivos, reforçando sua relevância como instrumento de suporte à melhoria do desempenho operacional e à eficiência global dos sistemas produtivos.

2.6.2.3 FMEA

O FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*), ou Análise dos Modos e Efeitos de Falha, é uma ferramenta da qualidade voltada para a prevenção de falhas potenciais em produtos e processos. Seu principal objetivo é identificar, avaliar e priorizar riscos antes que ocorram, permitindo a adoção de ações corretivas eficazes. Segundo Silva e Casagrande (2022), o FMEA atua como um instrumento preventivo que analisa as possíveis falhas, suas causas e efeitos, classificando-as de acordo com três critérios principais: severidade, ocorrência e detecção. Essa abordagem possibilita reduzir ou eliminar falhas de modo sistemático, garantindo maior confiabilidade e desempenho dos processos industriais. Além disso, os autores destacam que o FMEA pode ser aplicado tanto em projetos (DFMEA) quanto em processos produtivos (PFMEA), tornando-se essencial no contexto da melhoria contínua e da gestão da qualidade, pois permite antecipar desvios e contribuir para decisões assertivas voltadas à otimização operacional.

O FMEA, ou Análise dos Modos e Efeitos de Falha, é uma metodologia de caráter preventivo que busca identificar e avaliar potenciais falhas antes que elas ocorram, permitindo a implementação de ações corretivas e mitigadoras. Conforme Rocha, Barreto e Affonso (2017), o método não se baseia em previsões aleatórias, mas na elaboração sistemática de uma lista de possíveis falhas relacionadas aos processos, materiais, ferramentas ou informações envolvidas. A partir dessa análise, cada falha potencial é avaliada de forma qualitativa e quantitativa segundo três parâmetros principais: ocorrência (O), que mede a probabilidade de a falha acontecer;

detecção (D), que representa a facilidade ou dificuldade de identificar a falha antes que cause efeitos indesejados; e severidade (S), que expressa o impacto da falha caso ela ocorra e não seja detectada. A combinação desses fatores resulta no índice de criticidade (C), utilizado para priorizar as falhas mais relevantes e orientar a tomada de decisões. Dessa forma, o FMEA proporciona uma abordagem proativa e estruturada de prevenção, promovendo maior confiabilidade aos processos e contribuindo para a melhoria contínua da qualidade.

Além dos parâmetros de severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D), o FMEA utiliza como critério principal de priorização o Número de Prioridade de Risco (NPR), também conhecido como RPN (*Risk Priority Number*). O NPR é obtido por meio do produto entre os três fatores avaliados — $NPR = S \times O \times D$ — e representa numericamente o nível de criticidade de cada modo de falha. Conforme Silva e Casagrande (2022), quanto maior o valor do NPR, maior a relevância da falha analisada e mais urgente deve ser a implementação de ações corretivas ou preventivas. O cálculo possibilita comparar diferentes falhas de forma objetiva, direcionando esforços para aquelas que apresentam maior potencial de impacto sobre o desempenho do processo.

O NPR é fundamental para a etapa de priorização dentro do FMEA, pois orienta as equipes a ficarem nas falhas que realmente influenciam a confiabilidade operacional. Segundo Rocha, Barreto e Affonso (2017), o uso do NPR permite estabelecer limites de aceitabilidade e determinar quais falhas exigem intervenção imediata, quais podem ser monitoradas e quais apresentam risco residual aceitável. Dessa forma, o índice contribui diretamente para a tomada de decisão, garantindo que recursos sejam aplicados onde realmente geraram redução significativa de riscos e melhoria contínua no processo produtivo.

2.6.2.4 5W2H

A ferramenta 5W2H é um método gerencial amplamente utilizado para o planejamento, organização e acompanhamento de ações em diferentes processos produtivos e administrativos. Trata-se de uma técnica simples e de fácil aplicação, que tem como objetivo transformar planos em ações concretas por meio de sete perguntas norteadoras: *What?* (o que será feito), *Why?* (por que será feito), *Who?* (quem fará), *Where?* (onde será feito), *When?* (quando será feito), *How?* (como será feito) e *How much?* (quanto custará). Essa estrutura permite visualizar de forma clara e objetiva as

etapas necessárias para a execução de um plano, auxiliando na definição de responsabilidades, prazos e custos. Segundo Pereira (2020), a aplicação da ferramenta 5W2H possibilita identificar falhas, propor melhorias e desenvolver estratégias de forma organizada e sistemática, favorecendo a eficiência e a melhoria contínua dos processos.

A Figura 11 apresenta uma representação visual da ferramenta 5W2H, destacando seus sete elementos estruturantes e auxiliando na compreensão do método.

Figura 11 – Representação esquemática da ferramenta 5W2H



Fonte: Terzoni, 2023

A ferramenta 5W2H também se destaca como um importante instrumento de gestão voltado à melhoria contínua, por sua capacidade de transformar ideias em planos de ação estruturados e de fácil acompanhamento. Segundo Alves (2021), o método auxilia gestores e equipes a identificar causas de problemas, estabelecerem responsabilidades e monitorarem resultados com clareza, permitindo uma visão sistêmica das etapas envolvidas no processo produtivo. Sua aplicação possibilita uma comunicação mais eficiente entre os setores e favorece a padronização das atividades, contribuindo para a redução de desperdícios, otimização de tempo e maior controle operacional. Dessa forma, o 5W2H se consolida como uma ferramenta

estratégica para o planejamento e execução de melhorias em ambientes industriais e organizacionais, reforçando seu papel como suporte essencial à tomada de decisão e ao alcance da eficiência produtiva.

2.7 LEAN MANUFACTURING

O *Lean Manufacturing*, também conhecido como manufatura enxuta, é uma filosofia de gestão que busca a melhoria contínua do valor agregado aos produtos e serviços, sob a ótica do cliente, por meio da eliminação sistemática dos desperdícios. Surgido no pós-guerra, a partir do Sistema Toyota de Produção, o modelo propõe a diferenciação entre atividades que agregam e que não agregam valor, enfatizando a redução de estoques, tempos de espera, movimentações e retrabalhos. Conforme Ikeziri *et al.* (2020), o *Lean* se estrutura em princípios fundamentais como o sistema puxado, o fluxo contínuo, o *kanban*, a troca rápida de ferramentas e o balanceamento de linha, que visam a sincronização da produção conforme o ritmo da demanda. Tais práticas permitem maior flexibilidade, produtividade e qualidade, constituindo-se em uma das abordagens mais eficazes para a otimização de processos e integração entre homem e máquina no ambiente industrial contemporâneo.

Além desses princípios, o *Lean* se fundamenta na identificação e eliminação dos oito desperdícios, classificados como:

- a) Superprodução – produzir além do necessário;
- b) Espera – tempo ocioso de pessoas, máquinas ou materiais;
- c) Transporte – movimentações excessivas entre processos;
- d) Processo desnecessário – realizar atividades além do necessário;
- e) Estoques – materiais acumulados que não agregam valor;
- f) Movimentos desnecessários – deslocamentos desnecessários de operadores;
- g) Defeitos – retrabalhos e não conformidades;
- h) Intelectual – desperdício do potencial humano.

A Figura 12 apresenta os oito desperdícios clássicos da *Lean Manufacturing*, frequentemente lembrados pelo acrônimo *TIMWOODS*, permitindo visualizar de forma didática as principais atividades sem valor agregado que devem ser evitadas ou eliminadas.

Figura 12 – Os oito desperdícios (*TIMWOODS*) do *Lean Manufacturing*



Fonte: Celerate, 2025

O *Lean Manufacturing* também pode ser compreendido como um modelo de maturidade organizacional, no qual a empresa evolui conforme consolida práticas de melhoria contínua, padronização e gestão visual. Segundo Galhardi e Tabeta (2021), a aplicação efetiva do *Lean* vai além da adoção de ferramentas como *Kanban* e *Just in Time*, exigindo uma mudança cultural e comportamental em todos os níveis da organização. Dessa forma, o *Lean* se estabelece como uma filosofia de gestão evolutiva, voltada ao aprimoramento constante dos processos e à eliminação de desperdícios.

2.8 FLUXO CONTÍNUO

O conceito de fluxo contínuo está associado à movimentação ininterrupta de materiais e informações ao longo do processo produtivo, eliminando paradas e acúmulos intermediários. Esse princípio busca garantir que o produto avance de uma etapa para outra sem interrupções, reduzindo o tempo de ciclo e aumentando a eficiência operacional. Segundo Adames *et al.* (2021), sistemas contínuos apresentam maior estabilidade e controle de processo, permitindo o monitoramento constante de

variáveis e melhor aproveitamento dos recursos disponíveis. No contexto industrial, a adoção do fluxo contínuo favorece a sincronização das operações e o alinhamento entre produção e demanda, aspectos fundamentais para a aplicação dos conceitos de *Lean Manufacturing* e para a construção de fluxos produtivos enxutos e sustentáveis.

A adoção do fluxo contínuo como modelo produtivo reflete uma tendência crescente de integração entre tecnologia e eficiência operacional. Conforme Martins (2024), processos contínuos oferecem vantagens significativas em relação aos sistemas em batelada, como melhor controle de parâmetros operacionais, maior estabilidade e redução de desperdícios. Além disso, o autor destaca que a modularidade desses sistemas possibilita adaptações rápidas e customização de acordo com a necessidade do processo, permitindo uma produção mais limpa, segura e sustentável. No contexto industrial, esses princípios podem ser aplicados na organização de linhas de produção, garantindo fluidez, rastreabilidade e sincronização das etapas, fatores essenciais para o aprimoramento do desempenho produtivo e para a consolidação dos fundamentos do *Lean Manufacturing*.

2.9 SISTEMA PUXADO

O sistema puxado é um dos pilares da produção moderna e tem como princípio fundamental a fabricação orientada pela demanda real do cliente, evitando estoques desnecessários e ociosidade no processo produtivo. Diferente do sistema empurrado, em que a produção é guiada por previsões, o sistema puxado garante que cada etapa só produza o necessário para atender à próxima, promovendo um fluxo sincronizado e eficiente. Conforme Silva (2022), essa metodologia contribui para a redução de inventários em linha, a melhoria do fluxo de materiais e a diminuição de desperdícios logísticos, permitindo maior controle operacional e equilíbrio entre produção e consumo. A aplicação desse conceito em ambientes industriais favorece a flexibilidade e a responsividade do sistema produtivo, resultando em maior eficiência e organização das operações.

A implementação do sistema puxado proporciona maior controle sobre o fluxo produtivo e evita o acúmulo de tarefas em andamento, o que contribui diretamente para a redução de gargalos e desperdícios. Conforme Freitas e Santos (2025), a aplicação desse sistema permite equilibrar o ritmo de produção com a capacidade real de execução, garantindo um ambiente de trabalho mais estável e previsível. A adoção de práticas como a visualização do fluxo e a limitação do trabalho em progresso (*Work*

in Process - WIP) favorece a priorização de atividades e o acompanhamento contínuo das operações. Dessa forma, o sistema puxado torna-se uma ferramenta estratégica para alcançar maior eficiência, qualidade e regularidade nas entregas, além de promover um ambiente produtivo mais equilibrado e sustentável.

A aplicação do sistema puxado tem se mostrado eficaz não apenas no setor industrial, mas também em diferentes contextos organizacionais, como o de serviços e saúde. Soliman *et al.* (2020) demonstram que o uso desse sistema possibilita uma melhor coordenação entre processos clientes e fornecedores internos, garantindo que a produção ocorra de forma sincronizada com a real necessidade de consumo. A implantação de ferramentas visuais, como *kanbans* e quadros de sequenciamento, facilita o controle do fluxo de materiais e o nivelamento da produção, evitando acúmulos e atrasos. Além disso, o estudo reforça que o sucesso do sistema puxado depende da padronização das atividades e do comprometimento da equipe, fatores essenciais para manter a estabilidade e o equilíbrio entre oferta e demanda. Assim, o modelo puxado se consolida como uma estratégia de gestão voltada à racionalização de recursos e à eficiência operacional.

2.10 POKA YOKE

O *Poka Yoke* é uma ferramenta voltada à prevenção de erros nos processos produtivos, atuando como um mecanismo de controle que evita falhas antes que elas ocorram. Desenvolvido por Shigeo Shingo no contexto do Sistema Toyota de Produção, o método busca eliminar as causas de não conformidade por meio de dispositivos simples e eficazes, capazes de alertar, controlar ou impedir a execução incorreta de operações. Segundo Almeida (2024), a aplicação do *Poka Yoke* em linhas de produção do setor automotivo mostrou resultados significativos na redução de defeitos e retrabalhos, além de contribuir para a padronização das atividades e melhoria da qualidade final. Essa ferramenta se consolida como uma estratégia essencial para assegurar processos mais confiáveis e sustentáveis.

A aplicação prática do *Poka Yoke* demonstra que a prevenção de falhas pode ser integrada diretamente aos equipamentos produtivos, garantindo maior confiabilidade e segurança operacional. Pessoa (2023) destaca que, ao incorporar dispositivos à prova de erro em ferramentas de fixação eletrônica, é possível eliminar etapas incorretas e assegurar que o processo seja executado dentro dos parâmetros estabelecidos. Essa integração tecnológica reduz significativamente as falhas

humanas, melhora o controle de torque e contribui para a qualidade total dos produtos. Assim, o método *Poka Yoke* consolida-se como uma solução simples, porém altamente eficaz, para alcançar a excelência operacional e minimizar retrabalhos em ambientes industriais.

2.11 KANBAN

O sistema *Kanban* é uma ferramenta visual de controle da produção e do fluxo de materiais, desenvolvida para garantir o abastecimento eficiente e a redução de desperdícios. Criado a partir dos princípios do *Just in Time*, o *Kanban* utiliza cartões, painéis ou sinais eletrônicos para indicar a necessidade de reposição de materiais entre os setores, promovendo um fluxo contínuo e sincronizado. De acordo com Faustino e Higashi (2020), sua aplicação contribui diretamente para a organização do ambiente produtivo, o controle de estoques, e o envolvimento dos colaboradores na gestão das operações. Além disso, o método favorece a padronização dos processos, a redução de perdas por validação ou deterioração e a melhoria da comunicação interna, tornando-se uma ferramenta essencial para manter a eficiência e a estabilidade das atividades produtivas.

Para ilustrar o funcionamento do método, a Figura 13 apresenta um exemplo de quadro *Kanban* utilizado para o controle de movimentação de estoque. Nesse modelo visual, as colunas representam diferentes itens ou setores, enquanto as cores indicam níveis de prioridade, permitindo uma identificação rápida das demandas e facilitando a tomada de decisão. Esse tipo de representação reforça a característica essencial do *Kanban*: a comunicação visual clara e imediata sobre o status do fluxo de materiais.

Figura 13 – Exemplo de quadro *Kanban* aplicado ao controle de movimentação de estoque



Fonte: Runrun.it, 2025

A utilização do *Kanban* como ferramenta de gestão tem se consolidado não apenas como um mecanismo de controle de produção, mas também como um instrumento estratégico de gestão da qualidade. De acordo com Rocha e Sousa (2021), o método possibilita a redução de custos operacionais, o controle visual dos estoques e a eliminação de desperdícios, favorecendo uma gestão mais enxuta e organizada. Ao promover a comunicação direta entre os setores e garantir que cada processo produza apenas o necessário, o *Kanban* contribui para o equilíbrio entre oferta e demanda, além de aumentar a produtividade e a confiabilidade do sistema. Dessa forma, o método se apresenta como uma ferramenta essencial para o gerenciamento eficiente de processos, assegurando qualidade, agilidade e padronização nas operações produtivas.

3 METODOLOGIA

A metodologia científica representa o conjunto de princípios, regras e procedimentos que irá orientar a condução da pesquisa de maneira estruturada, clara e fundamentada, desde a definição do problema até a análise dos resultados. Mais do que seguir etapas técnicas, a metodologia funciona como um suporte que garante a lógica, a coerência e a confiabilidade do trabalho, permitindo que os métodos escolhidos estejam alinhados com os objetivos propostos. Esse processo envolve a escolha adequada do tema, o planejamento da investigação, a coleta e análise dos dados, bem como a elaboração das conclusões. A definição correta dos procedimentos metodológicos será essencial para assegurar a qualidade da pesquisa e ampliar sua contribuição prática para a realidade estudada (Alexandre, 2021; Lunetta; Guerra, 2023; Toassi; Petry, 2024).

3.1 LOCAL

O estudo foi desenvolvido em uma empresa do setor metalomecânico localizada no município de Horizontina, no estado do Rio Grande do Sul. A organização atua na fabricação de estruturas metálicas e componentes para o setor agrícola, com foco principal nas atividades de soldagem, pintura, corte e montagem.

Atualmente, a empresa não possui a etapa de corte em seu processo produtivo, sendo que essa operação é terceirizada. A escolha da empresa justifica-se pela proposta de implantação de uma nova tecnologia de corte a laser, o que exigirá uma reorganização do *layout* físico da área produtiva para atender aos requisitos técnicos da nova máquina, melhorar o fluxo de trabalho e otimizar os recursos internos.

3.2 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

A presente pesquisa utilizou uma abordagem mista, combinando aspectos qualitativos e quantitativos para a análise do problema e construção da proposta de solução. Essa escolha se justifica pela complexidade do objeto de estudo, que envolve tanto variáveis mensuráveis (como tempo, distância e *layout* físico) quanto elementos subjetivos relacionados à dinâmica de trabalho e às necessidades operacionais da empresa.

A pesquisa qualitativa foi empregada neste estudo com o objetivo de compreender, em profundidade, os fatores operacionais, estruturais e contextuais

envolvidos na reorganização do *layout* fabril para a futura instalação de uma máquina de corte a laser. Essa abordagem foi adequada, pois permite interpretar aspectos não quantificáveis do processo produtivo, como os impactos da mudança sobre o fluxo de materiais, o aproveitamento do espaço físico e a lógica de funcionamento do ambiente industrial. Segundo Marconi e Lakatos (2022), a pesquisa qualitativa busca captar a essência dos fenômenos sociais e técnicos por meio da análise do comportamento, atitudes, percepções e relações estabelecidas no contexto em estudo, sendo especialmente útil quando se deseja investigar a realidade de forma abrangente e descriptiva, como ocorre no presente caso.

A pesquisa exploratória tem como objetivo principal proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. Essa modalidade é recomendada quando o tema for pouco conhecido ou quando se estiver diante de uma situação nova, exigindo uma abordagem inicial que permita compreender suas dimensões e particularidades. Sousa, Oliveira e Alves (2021) destacam que a pesquisa exploratória será realizada geralmente por meio de levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas experientes no tema ou análise de exemplos que estimulem a formulação de novas ideias.

No contexto deste trabalho, a adoção de uma máquina de corte a *laser* em uma empresa que ainda não utiliza essa tecnologia configura uma situação nova e pouco explorada internamente, o que justifica a utilização da pesquisa exploratória. Essa abordagem permite levantar informações preliminares sobre conceitos de *layout* industrial, fluxo produtivo e reorganização física, fornecendo subsídios para compreender as implicações da mudança e orientar a construção da proposta técnica a ser implementada.

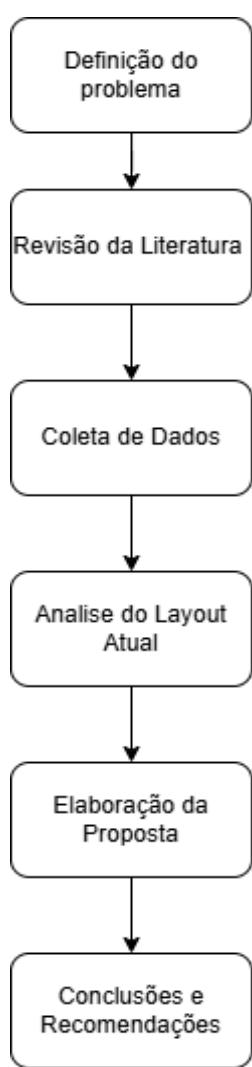
A presente pesquisa também foi classificada como descriptiva, uma vez que buscou detalhar as características do processo produtivo atual da empresa e os impactos da futura implantação da máquina de corte a laser em seu *layout* físico. De acordo com Gil (2022), as pesquisas descriptivas têm como objetivo a descrição das características de determinada população ou fenômeno, podendo também identificar possíveis relações entre variáveis. Nesse contexto, foram descritas variáveis como fluxo de materiais, disposição dos equipamentos, tempo de execução das atividades e possíveis interferências estruturais. A descrição minuciosa dessas condições foi fundamental para compreender a realidade da empresa, mapear ineficiências e

subsidiar a proposta de reorganização do *layout*, contribuindo para a melhoria do desempenho produtivo.

Como estratégia de pesquisa, este trabalho utilizou o estudo de caso por se tratar da análise aprofundada de uma situação específica e real: a necessidade de reestruturação do *layout* físico em uma indústria metalmecânica com a futura inserção de uma máquina de corte a laser. Segundo Yin (2015), o estudo de caso é um método apropriado quando se busca compreender fenômenos sociais complexos, mantendo uma perspectiva holística e realista do contexto analisado. Essa estratégia permitiu observar de forma detalhada o comportamento organizacional, os processos produtivos envolvidos, os fluxos internos e as limitações físicas da estrutura atual. A aplicação do estudo de caso, nesse sentido, forneceu subsídios para propor melhorias fundamentadas, respeitando as especificidades e as necessidades operacionais da empresa.

Para facilitar a visualização da sequência de etapas adotadas na condução deste trabalho, apresenta-se a seguir o fluxograma metodológico da pesquisa Figura 14. Este diagrama resume as fases, desde a coleta de dados até a elaboração da proposta final de reorganização do *layout* produtivo.

Figura 14 – Fluxograma das atividades



Fonte: O autor, 2025

A condução desta pesquisa seguiu uma sequência lógica de etapas, conforme ilustrado na Figura 14. O processo inicia com a definição do problema, momento em que é delimitada a necessidade de reorganização do *layout* para a futura instalação da máquina de corte a laser. Em seguida, é realizada a revisão da literatura, responsável por embasar teoricamente o estudo com conceitos de *layout*, fluxo de materiais e melhoria contínua. Na etapa seguinte, ocorre a coleta de dados, necessária para compreender a situação real da empresa e subsidiar as análises posteriores. Após essa fase, procede-se à análise do *layout* atual, identificando limitações, desperdícios e gargalos produtivos. Por fim, é elaborada a proposta de reorganização do espaço físico, compatível com as necessidades operacionais observadas e com a introdução da nova tecnologia.

A coleta de dados foi realizada por meio de observações diretas no ambiente fabril, com o objetivo de mapear o fluxo atual do processo produtivo. Foram elaborados

diagramas de espaguete para representar os deslocamentos de operadores e materiais, identificando contrafluxos, movimentações excessivas e estoques intermediários. Em complemento, foi realizada uma cronoanálise para medir os tempos de execução das atividades e deslocamentos, permitindo identificar perdas relacionadas à espera, ociosidade ou retrabalho.

Também foi realizado o registro dos estoques intermediários, das distâncias percorridas e dos pontos críticos do processo. Esses dados foram coletados por meio de observações *in loco*, entrevistas não estruturadas com os operadores e responsáveis pela área, além do uso de prancheta, planilhas impressas, trena métrica e trena a laser, e foram posteriormente organizados no Microsoft Excel para análise. As informações obtidas serviram de base para avaliar o desempenho do layout atual e fundamentar a proposta de reorganização.

3.3 MATERIAIS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS

Para garantir precisão e organização na coleta de dados, foram utilizados instrumentos simples e eficazes, adequados à realidade da empresa estudada. Durante as visitas técnicas, empregaram-se pranchetas com formulários de observação, trena métrica para o levantamento das dimensões físicas do ambiente e dos equipamentos, além de um cronômetro de celular para o registro dos tempos de execução das atividades.

As informações coletadas foram organizadas e analisadas em planilhas no *Microsoft Excel*, permitindo cálculos de tempos e distâncias, além da construção de representações visuais como o diagrama de espaguete e o *layout* atual. Também foram feitas anotações manuais para registrar observações de campo sobre gargalos, movimentações, desperdícios e o comportamento dos operadores ao longo das etapas produtivas.

Após o levantamento de dados no ambiente fabril, foi realizada uma análise visual detalhada do processo produtivo, com foco no fluxo de materiais, disposição dos equipamentos e movimentações dos operadores. Para isso, foi aplicado o Diagrama de Espaguete, que permitiu identificar deslocamentos excessivos, contrafluxos e movimentações repetitivas dentro da área produtiva.

Além disso, foi utilizada a técnica de estudo de tempos e movimentos, permitindo quantificar o tempo gasto em cada atividade, a ociosidade dos operadores, os volumes em estoque intermediário e as perdas operacionais associadas a esperas,

retrabalhos e paradas de processo. Essa análise quantitativa foi apoiada por cronometragens simples e registros organizados em planilhas no *Excel*, facilitando a identificação de gargalos e desperdícios.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir deste capítulo, são apresentados os resultados obtidos ao longo do desenvolvimento do trabalho, com base nas coletas realizadas no ambiente produtivo, nas observações diretas do processo e nas análises aplicadas à realidade da empresa estudada. Esta etapa visa discutir os achados mais relevantes, evidenciar os impactos identificados no cenário atual e apresentar melhorias fundamentadas na futura implantação da tecnologia de corte a laser. As análises a seguir buscaram integrar os dados qualitativos e quantitativos obtidos, oferecendo uma visão clara e consistente sobre os benefícios esperados com a reestruturação do arranjo físico da organização.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

O estudo foi desenvolvido na empresa Potenza Industrial, pertencente ao setor metalmecânico. A organização é de gestão familiar, administrada por dois proprietários — pai e filho — que atuam conjuntamente nas decisões estratégicas e operacionais do negócio. A Potenza Industrial dedica-se à fabricação de estruturas metálicas e componentes destinados ao setor agrícola, tendo como principais atividades os processos de montagem e soldagem. Atualmente, a empresa produz 5 mil itens por mês, distribuídos entre 68 códigos diferentes, o que evidencia uma variedade considerável de produtos e complexidade operacional. Esse volume produtivo reforça a importância de um *layout* bem estruturado, capaz de sustentar o fluxo contínuo das operações e minimizar desperdícios.

Tanto os processos de corte de chapas metálicas quanto o processo de pintura de peças finalizadas são terceirizados, o que gera limitações quanto ao controle de prazos, qualidade e flexibilidade no atendimento dos pedidos. Essa dependência de fornecedores externos acarreta aumento no tempo de produção e maior necessidade de controle logístico e de estoques intermediários.

Diante desse cenário, a empresa fez a aquisição de uma máquina de corte a laser, que representa um avanço tecnológico relevante dentro do seu contexto produtivo. A implantação do novo equipamento exigirá ajustes significativos do *layout* da área fabril, demandando um estudo técnico detalhado para a reorganização dos fluxos de materiais, reposicionamento dos postos de trabalho e a adequação da infraestrutura de apoio.

A Figura 15 apresenta a vista externa da empresa Potenza Industrial, evidenciando sua instalação física onde foi conduzido o estudo.

Figura 15 – Vista externa da empresa Potenza Industrial



Fonte: O autor, 2025

A Figura 15 permite visualizar a organização física externa da empresa, destacando o acesso de entrada e saída de caminhões, tanto de matéria prima quanto de produtos acabados.

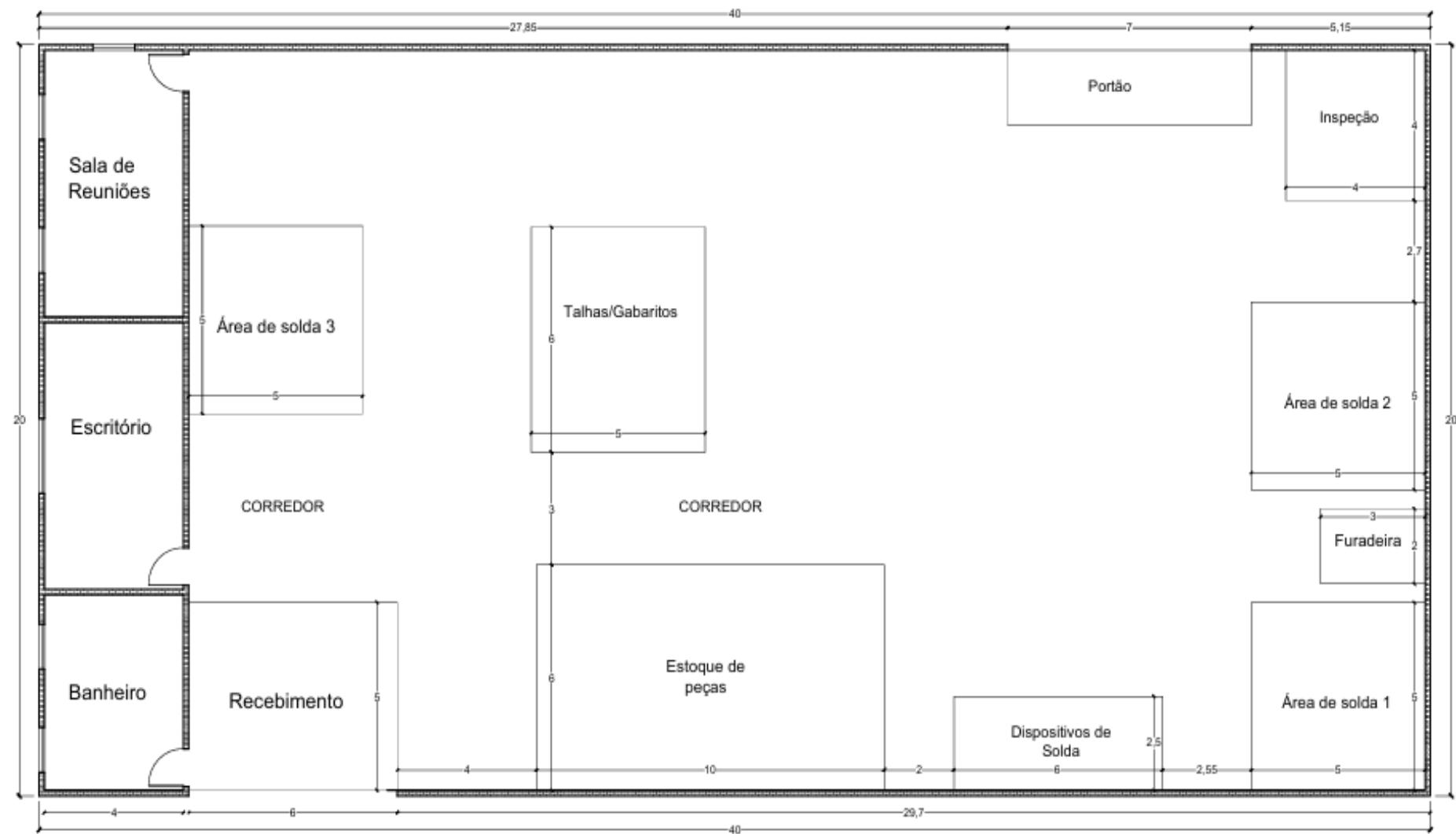
4.2 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL DA EMPRESA

O diagnóstico da situação atual da empresa teve como objetivo compreender de forma detalhada as condições existentes no ambiente produtivo, servindo como base para a identificação de oportunidades de melhoria. Essa etapa busca analisar o *layout* físico, o fluxo de materiais, os processos operacionais e os recursos disponíveis, permitindo reconhecer gargalos, desperdícios e situações potenciais de otimização. A partir dessa análise, é possível obter uma visão clara do estado atual da produção e subsidiar a elaboração de propostas que contribuam para o aumento da eficiência e da produtividade organizacional.

4.2.1 Organização de manufatura do *layout* atual

Após a análise inicial das operações, identificou-se que a empresa adota atualmente um layout funcional (ou por processo), no qual os equipamentos e setores são organizados conforme o tipo de operação executada, e não segundo a sequência lógica do fluxo produtivo. A Figura 16 apresenta o arranjo físico da área produtiva, evidenciando a disposição dos equipamentos e o percurso dos materiais dentro do ambiente fabril. Embora essa configuração atenda às necessidades básicas do processo vigente, ela se mostra limitada para suportar as demandas impostas pela futura instalação da máquina de corte a *laser*.

Figura 16 – Atual Layout da Empresa



Fonte: O autor, 2025

Observa-se que todos os setores estão distribuídos em um único pavilhão de 800 m². A área administrativa, localizada na lateral do prédio, possui 80 m² e abriga escritório, sala de reuniões e espaço de apoio. Na área produtiva concentram-se os principais equipamentos utilizados nas operações diárias, como mesas de montagem, talhas e fontes de solda MIG-MAG. Apesar da ampla estrutura, estima-se que apenas cerca de 60% da área esteja sendo efetivamente utilizada, evidenciando potencial para reorganização.

A disposição atual dos equipamentos evidencia características típicas do layout funcional: máquinas posicionadas de forma descentralizada, distantes entre si e sem uma sequência física coerente com o fluxo de produção. Essa configuração gera movimentações desnecessárias, maiores distâncias percorridas e baixa eficiência no uso do espaço. Esses deslocamentos também impactam o tempo de ciclo, o esforço físico dos operadores e a fluidez geral das etapas produtivas.

Durante a análise do fluxo, foram realizadas medições das distâncias entre setores críticos. O percurso entre o recebimento e as áreas de solda varia conforme o destino: 10 metros até a célula 1, 20 metros até a célula 2 e 24 metros até a célula 3. Após a soldagem, os produtos seguem para inspeção e acabamento, percorrendo 16 metros (solda 1), 6 metros (solda 2) e 12 metros (solda 3). Embora o processo siga uma lógica funcional, o fluxo físico dos materiais não é linear, resultando em deslocamentos excessivos e em um arranjo pouco eficiente.

Esse diagnóstico reforça a necessidade de reestruturação do arranjo físico. Enquanto o *layout* atual é predominantemente funcional, a proposta desenvolvida neste trabalho busca aproximar setores interdependentes e criar um fluxo mais contínuo aproximando-se de um *layout* em fluxo (ou semi-linear), adequado à integração da máquina de corte a *laser* e às exigências do novo processo produtivo.

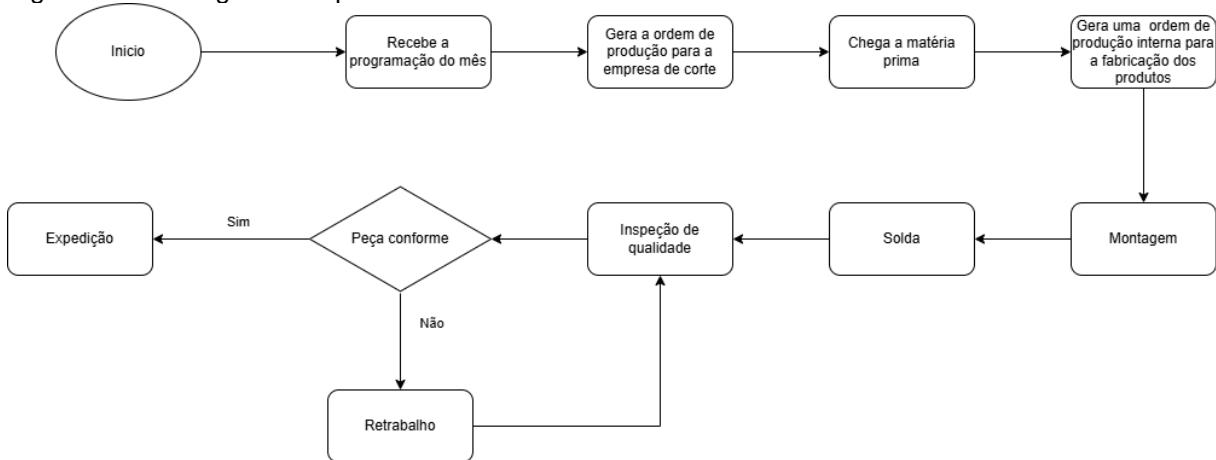
4.2.2 Processos produtivos da empresa

Após entender o funcionamento da empresa, tornou-se importante realizar uma análise detalhada de seu desempenho e dos processos que compõem a linha de produção. Para isso, foi conduzida uma observação minuciosa de todas as etapas do setor produtivo, considerando a disposição atual do espaço físico, o posicionamento das máquinas e equipamentos, bem como o fluxo das atividades executadas ao longo do processo.

4.2.2.1 Fluxograma dos processos

Para melhor compreensão do funcionamento dos processos da empresa, foi desenvolvido um fluxograma, apresentado na Figura 17, desde o início do pedido até a expedição do produto final.

Figura 17 – Fluxograma do processo



Fonte: O autor, 2025

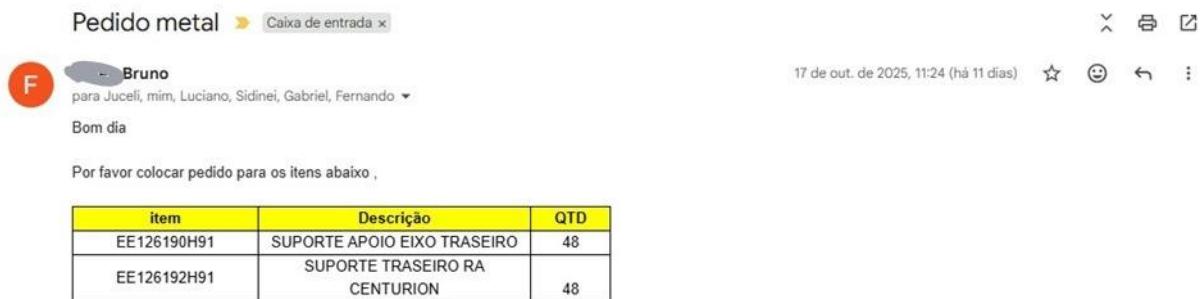
A Figura 17 representa a fluxograma geral do processo produtivo da Potenza Industrial, evidenciando a sequência das etapas desde o recebimento do pedido até a entrega do produto final. Inicialmente, ocorre o recebimento da programação mensal, quando os pedidos são encaminhados pelos clientes via *e-mail*. Em seguida, os proprietários analisam as especificações e realizam a compra da matéria-prima necessária, garantindo que os insumos estejam disponíveis dentro do prazo comercial de 15 dias, conforme acordo estabelecido entre a empresa e o cliente.

Após a aquisição, o material é encaminhado à empresa terceirizada de corte, responsável pela preparação das chapas metálicas conforme os desenhos técnicos e dimensões especificadas. Quando o corte é concluído, as peças retornam à Potenza, onde se inicia o processo interno de fabricação, abrangendo as etapas de soldagem, montagem e inspeção de qualidade. Durante a inspeção, são removidos respingos e verificadas as conformidades dimensionais e visuais das peças. Por fim, os itens aprovados seguem para o setor de expedição, onde são organizados, identificados e preparados para o envio ao cliente final.

Os proprietários são responsáveis pelo recebimento da programação mensal, etapa em que são definidas as quantidades, prazos de entrega e padrões de qualidade acordados com os clientes. Esse processo ocorre por meio eletrônico, principalmente

através de comunicações via *e-mail*, nas quais são encaminhados os pedidos e as especificações de produção. A Figura 18 apresenta exemplos reais de trocas de *e-mails*, evidenciando a formalização do pedido e o envio das informações de produção.

Figura 18 – *E-mail* de confirmação de pedido e programação de produção



Fonte: O autor, 2025

Os pedidos chegam a Potenza Industrial por *e-mail*, como evidenciado na Figura 18. A partir disso, é realizado o planejamento de produção, que contempla a compra da matéria-prima, o envio dos materiais à empresa terceirizada de corte e o retorno das peças cortadas para a execução interna das atividades de soldagem e montagem. Essa sequência operacional é planejada para garantir que todas as etapas ocorram dentro do prazo total de 15 dias, estabelecido como compromisso comercial entre Potenza e cliente.

Durante o período analisado, observou-se um pedido de 48 unidades do item código EE126190491, ilustrado na Figura 18, enviados por *e-mail*. Após o retorno do material cortado, é elaborada uma ordem de produção interna, formalizando o início da fabricação dos itens conforme o cronograma de produção previamente definido.

4.2.2.2 Análise de máquinas e equipamentos

Este tópico apresenta os principais equipamentos utilizados na área produtiva da Potenza Industrial, destacando sua função e a forma como estão distribuídos no *layout* atual. A análise busca compreender como a disposição das máquinas influencia o fluxo de produção, servindo de base para a proposta de reorganização do arranjo físico.

As fontes de solda MIG-MAG são amplamente utilizadas nas etapas de fabricação da Potenza Industrial, sendo responsáveis pela execução das soldagens

de peças e conjuntos metálicos, (Figura 19). Atualmente, a empresa possui três aparelhos, distribuídos de forma não centralizada no pavilhão: uma está posicionada à esquerda da área produtiva, outra à direita e a terceira na região central. Essa configuração gera um fluxo de produção fragmentado, com deslocamentos constantes entre as estações de trabalho, o que reduz a produtividade e a eficiência operacional. Essa organização pode ser visualizada na Figura 16, que apresenta o *layout* atual da área produtiva. Apesar disso, os equipamentos apresentam bom estado de conservação e desempenham papel essencial na garantia da qualidade e da padronização das soldas.

Figura 19 – Fonte de solda MIG-MAG



Fonte: O autor, 2025

As talhas de movimentação são utilizadas para o transporte e elevação de componentes metálicos durante as etapas de montagem, soldagem e expedição. Esses equipamentos são essenciais para o manuseio de itens de grande porte e peso elevado, garantindo segurança operacional e reduzindo o esforço físico dos colaboradores (Figura 20).

Figura 20 – Talhas de movimentação



Fonte: O autor, 2025

Atualmente, encontram-se posicionadas próximas à área de carregamento, onde são movimentados os produtos acabados e onde os conjuntos de maior dimensão são apoiados em dispositivos para embarque nos caminhões. Embora essa localização facilite o processo de expedição, ela limita o uso das talhas nas demais etapas produtivas, exigindo deslocamentos manuais em parte do fluxo interno — situação evidenciada na Figura 16, que apresenta o *layout* atual da fábrica.

A empilhadeira é um equipamento utilizado para o transporte e movimentação de materiais pesados dentro da empresa, especialmente durante o carregamento e descarregamento de produtos acabados e matérias-primas. Sua aplicação reduz o esforço físico dos operadores e agiliza o fluxo interno de movimentação, contribuindo para maior segurança e eficiência nas operações logísticas. O equipamento é utilizado principalmente na área de expedição e armazenamento, sendo essencial para o

deslocamento de paletes, estruturas metálicas e dispositivos de solda de grande porte. A Figura 21 apresenta a empilhadeira utilizada para movimentação de materiais no interior da empresa.

Figura 21 – Empilhadeira a gás



Fonte: O autor, 2025

A furadeira de bancada é utilizada na execução de furos precisos em componentes metálicos, garantindo o correto posicionamento de pinos, parafusos e outros elementos de fixação empregados durante as etapas de montagem e soldagem. Trata-se de um equipamento de fácil operação e fundamental para a preparação de peças que necessitam de ajustes antes da soldagem. A Figura 22 traz a imagem da furadeira de bancada utilizada na empresa, posicionada próxima à área de solda para facilitar o acesso e otimizar o fluxo de trabalho.

Figura 22 – Furadeira de bancada



Fonte: O autor, 2025

A paleteira é um equipamento manual utilizado para o transporte de itens menores dentro da empresa, como conjuntos de peças, componentes metálicos e materiais auxiliares empregados no processo produtivo. Sua utilização facilita o deslocamento de cargas leves e médias entre os setores, reduzindo o esforço físico dos colaboradores e contribuindo para a agilidade nas operações internas. A Figura 23 demonstra a paleteira utilizada na empresa, empregada principalmente no transporte de itens menores entre as áreas de soldagem, montagem e expedição.

Figura 23 – Paleta



Fonte: O autor, 2025

A Figura 23 ilustra o equipamento utilizado no transporte interno de materiais, reforçando sua função no apoio às movimentações entre setores e na redução do esforço físico dos operadores.

4.3 ANÁLISE DO ESPAÇO FÍSICO E POSSIBILIDADE DE REORGANIZAÇÃO

O *layout* da empresa apresenta algumas limitações relacionadas principalmente à disposição dos setores e ao aproveitamento do espaço produtivo. Embora a organização possua uma ampla área física, com espaços ociosos que facilitam futuras alterações no arranjo, o fluxo atual de materiais ainda não é totalmente eficiente. A distribuição dos equipamentos também não segue uma sequência lógica em relação ao processo produtivo, o que dificulta a fluidez entre as operações. Essa configuração resulta em deslocamentos desnecessários, esperas e

uso ineficiente dos recursos disponíveis. Mesmo com espaço favorável, a ausência de um estudo de *layout* direcionado às necessidades atuais de produção impede o melhor aproveitamento das áreas livres.

Além disso, foi observado que o controle visual dos estoques intermediários e de materiais auxiliares é limitado, uma vez que não existe uma padronização definida para o armazenamento. Em diversos pontos do setor produtivo, os itens permanecem dispostos de forma aleatória, dificultando a identificação rápida e o acesso dos operadores aos componentes necessários. Essa condição contribui para o aumento do tempo de busca e para o risco de extravio de peças. A Figura 24 demonstra a situação atual das áreas de estoque, evidenciando a falta de organização e a ausência de sinalização visual padronizada.

Figura 24 – Armazenamento de peças



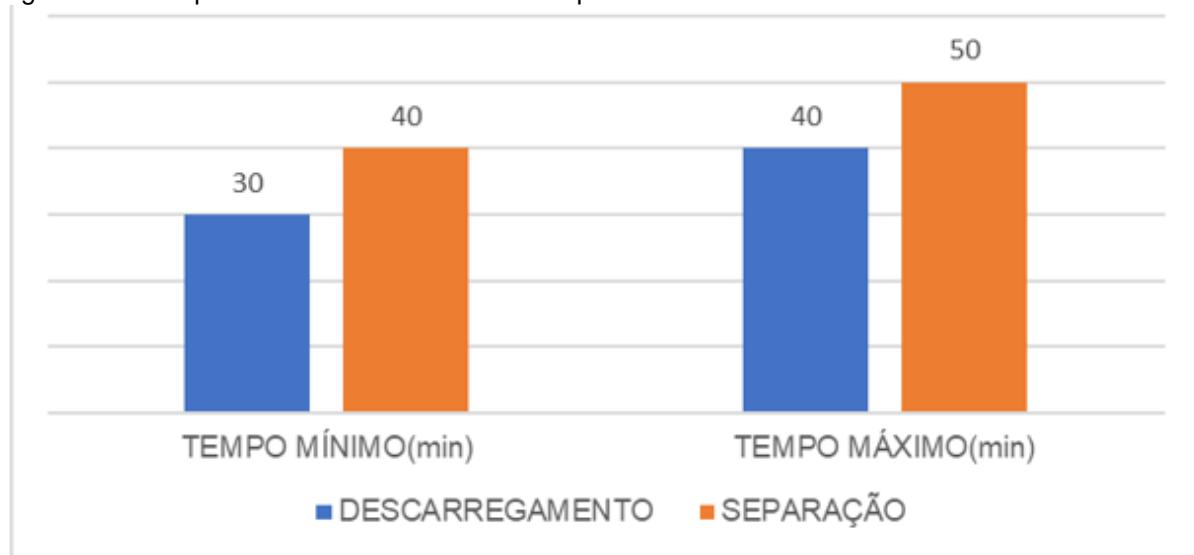
Fonte: O autor, 2025

Durante a análise do fluxo de recebimento e movimentação de materiais, constatou-se que o tempo médio para descarregar os itens provenientes da empresa terceirizada varia entre 30 e 40 minutos, sendo essa operação realizada com auxílio de uma empilhadeira. Após o descarregamento, os materiais são dispostos em uma área próxima à expedição, de forma desordenada, já que chegam misturados conforme o envio do fornecedor. Essa falta de padronização na disposição inicial gera atrasos nas etapas seguintes do processo.

Posteriormente, é necessário realizar a verificação dos desenhos e a separação dos itens corretos, atividade que demanda entre 40 e 50 minutos em média. Somando-se essas etapas, o tempo total entre o recebimento e a organização dos

materiais pode ultrapassar 1 hora e 30 minutos, o que representa um atraso significativo no início do fluxo produtivo, dados que podem ser visualizados na (Figura 25). Após a separação, os itens são encaminhados à área de solda, onde seguem para as etapas de montagem e inspeção. Esse cenário evidencia ineficiências no fluxo interno e no aproveitamento do espaço físico, ocasionadas pela disposição inadequada dos setores e pela ausência de métodos padronizados de armazenagem e distribuição.

Figura 25 – Tempos mínimos e máximos das etapas iniciais do fluxo de materiais



Fonte: O autor, 2025

Com o objetivo de reforçar essas evidências, foi elaborado um levantamento baseado na área total do pavilhão (800 m^2), descontando-se a área administrativa (80 m^2), resultando em 720 m^2 de área produtiva. A partir das medições realizadas no *layout* atual, estimaram-se as porções destinadas ao uso efetivo, às áreas de movimentação e aos espaços ociosos. A Tabela 1 apresenta a distribuição dessas áreas e seus respectivos percentuais de ocupação.

Tabela 1 – Áreas de movimentação e distribuição

TIPO DE UTILIZAÇÃO	ÁREA APROXIMADA (m^2)	PERCENTUAL DE OCUPAÇÃO DA ÁREA PRODUTIVA
ÁREAS OCUPADAS POR POSTOS DE TRABALHO E ESTOQUES	232	32,2%
ÁREAS DESTINADAS À MOVIMENTAÇÃO	220	30,6%
ÁREAS OCIOSAS	268	37,2%
TOTAL DA ÁREA PRODUTIVA CONSIDERADA	720	100,0%

Fonte: O autor, 2025

Os dados apresentados na Tabela 1 demonstram que apenas 32,2% da área produtiva é efetivamente utilizada para postos de trabalho e estoques, enquanto 30,6% corresponde a áreas de circulação. Observa-se ainda um percentual significativo de 37,2% de área ociosa, reforçando o potencial para melhorias no

arranjo físico. Essa proporção evidencia de forma clara que o espaço fabril está subutilizado e que uma reorganização adequada poderia reduzir deslocamentos, melhorar o fluxo de materiais e aumentar a eficiência operacional.

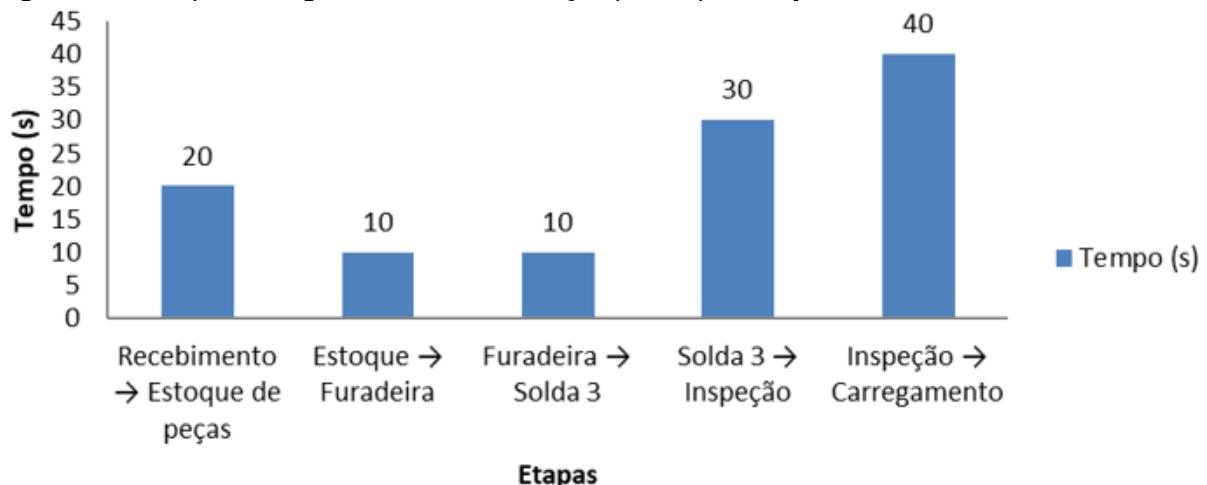
Essas constatações fornecem suporte para o desenvolvimento de um novo *layout*, que será apresentado na sequência, visando otimizar o uso do espaço produtivo, reduzir as perdas identificadas e preparar a empresa para a futura instalação da máquina de corte a laser.

4.4 IDENTIFICAÇÃO DE DESPERDÍCIOS E GARGALOS PRODUTIVOS

A partir da análise do espaço físico e dos tempos de movimentação apresentados anteriormente, foi possível identificar diversos desperdícios que impactam diretamente a eficiência operacional da empresa. Esses desperdícios estão alinhados às perdas clássicas do *Lean Manufacturing*, sendo mais evidentes aquelas relacionadas à movimentação, transporte e espera. A disposição atual dos setores, caracterizada por distâncias longas e ausência de linearidade, contribui significativamente para essas ineficiências.

Para compreender de forma objetiva como esses desperdícios se manifestam no fluxo interno, a Figura 26 apresenta o tempo médio de movimentação entre as principais etapas do processo. Conforme demonstrado, os maiores tempos de deslocamento concentram-se entre a área de solda, a inspeção e o carregamento, totalizando aproximadamente 110 segundos para a movimentação de um único item ao longo do fluxo produtivo atual.

Figura 26 – Tempo em segundos de movimentação por etapa no *layout* atual



Fonte: O autor, 2025

Com o objetivo de sistematizar as observações realizadas em campo, o Quadro 1 apresenta os principais desperdícios identificados no processo produtivo, suas características e as evidências que confirmam a ocorrência de cada um deles.

Quadro 1 – Principais desperdícios identificados no processo produtivo

TIPO DE DESPERDÍCIO	DESCRIÇÃO	EVIDÊNCIA OBSERVADA
Movimentação excessiva	Deslocamentos longos e cruzados entre as áreas de recebimento, separação e soldagem, decorrentes da disposição inadequada dos setores.	Percursos da empilhadeira e operadores ultrapassando 100 metros por ciclo, conforme diagrama de espaguete.
Espera	Período ocioso entre o descarregamento e a separação dos itens provenientes da empresa terceirizada.	Tempo médio superior a 90 minutos até o início da soldagem.
Transporte desnecessário	Movimentações repetitivas e sem fluxo linear, exigindo várias transferências de materiais até a área de soldagem.	Transporte sucessivo entre recebimento, estoque e solda, com retorno para inspeção.
Estoque desorganizado	Ausência de locais definidos para armazenamento e falta de padronização visual.	Acúmulo de peças intermediárias e risco de extravio de componentes.
Processo sem padronização	Falta de método definido para separação e conferência dos itens, dependendo da experiência individual dos operadores.	Inconsistência nas etapas iniciais e maior probabilidade de erros.

Fonte: O autor, 2025

A análise do Quadro 1 evidencia a presença de diferentes tipos de desperdícios ao longo do processo produtivo, principalmente relacionados à movimentação excessiva, espera e transporte desnecessário, os quais impactam diretamente a

eficiência operacional. Os longos deslocamentos da empilhadeira e dos operadores, bem como os tempos ociosos antes do início da soldagem, indicam falhas na disposição física dos setores e na sincronização das etapas produtivas.

Além disso, a ausência de padronização nos processos e a falta de organização dos estoques intermediários aumentam a variabilidade das operações, elevam o risco de erros e dificultam o controle do fluxo de materiais. Esses fatores reforçam a necessidade de uma reorganização do layout e da padronização dos métodos de trabalho, visando à redução de desperdícios, melhoria do fluxo produtivo e aumento da eficiência do sistema como um todo.

A Figura 27 apresenta uma das evidências visuais mais representativas observadas durante o estudo de campo: o estoque intermediário mal organizado. A falta de padronização para o armazenamento, aliada à ausência de identificação visual, dificulta o acesso rápido aos materiais e contribui para o aumento do tempo de busca, reforçando os desperdícios de espera e movimentação.

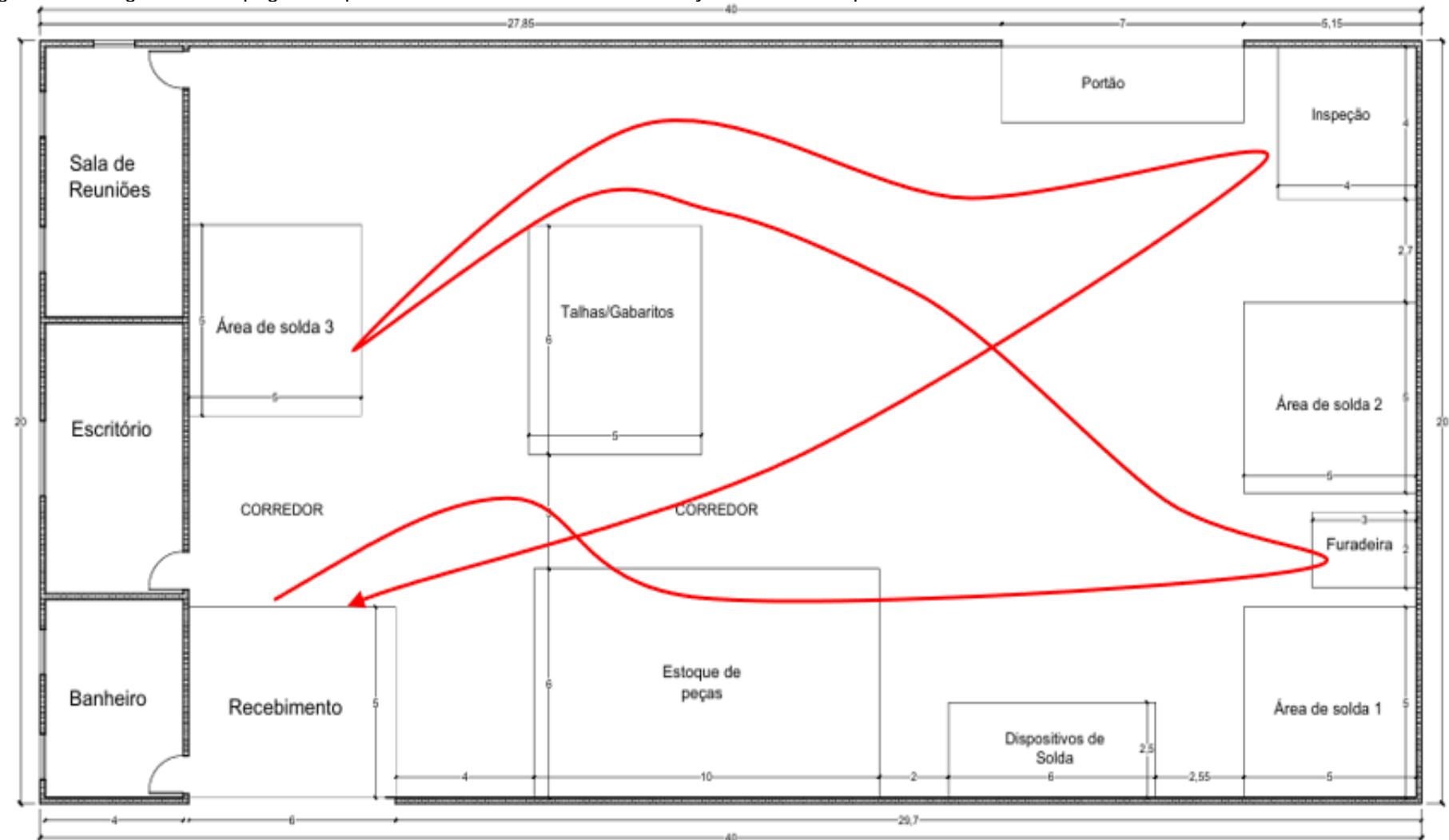
Figura 27 – Situação atual das áreas de estoque da empresa



Fonte: O autor, 2025

O diagrama de espaguete, apresentado na Figura 28, ilustra graficamente os deslocamentos realizados durante o fluxo produtivo interno do item que possui maior demanda. Observa-se que o trajeto percorrido é longo e apresenta diversos cruzamentos de fluxo, especialmente nas regiões entre soldagem, inspeção e carregamento. Essa configuração evidencia gargalos significativos de movimentação e transporte, que resultam no aumento do tempo de ciclo e na redução da eficiência operacional.

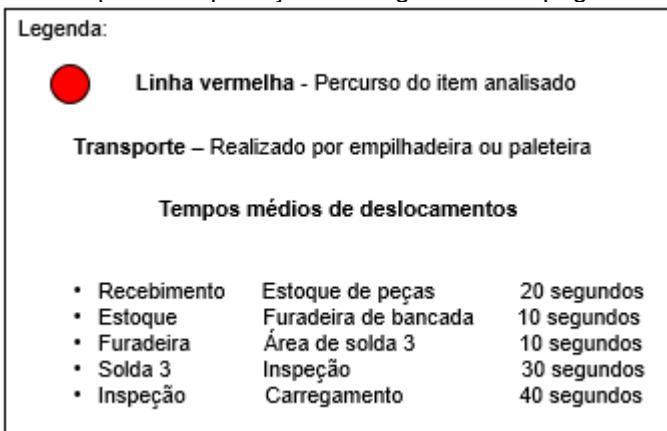
Figura 28 – Diagrama de espaguete representando o fluxo de um item no *layout* atual da empresa



Fonte: O autor, 2025

A Figura 29 apresenta a legenda utilizada para interpretação do diagrama, detalhando o significado das linhas, os meios de transporte empregados e os tempos médios de deslocamento observados.

Figura 29 – Legenda utilizada para interpretação do diagrama de esaguete



Fonte: O autor, 2025

Com base na análise dos fluxos, identificou-se que a disposição atual dos setores é a principal causa dos desperdícios de movimentação e transporte. Os cruzamentos frequentes, a ausência de linearidade e as longas distâncias percorridas tornam o processo menos fluido e aumentam o tempo improdutivo. Considerando os tempos médios registrados, o ciclo total de movimentação interna ultrapassa 110 segundos por item.

Essas constatações reforçam a necessidade de revisão do *layout* físico e da padronização das rotas internas, medidas que estão detalhadas na próxima seção. A partir desse diagnóstico, torna-se viável propor um novo arranjo físico que elimine cruzamentos, reduza o tempo improdutivo e aumente a fluidez do fluxo produtivo.

4.5 ANÁLISE DOS TEMPOS E DISTÂNCIAS DO FLUXO PRODUTIVO ATUAL

A fim de complementar o diagnóstico apresentado na Figura 26, realizou-se a análise quantitativa dos tempos de movimentação entre as principais etapas do fluxo produtivo interno. Essa avaliação permite compreender de forma objetiva o impacto do arranjo físico atual sobre o desempenho operacional da empresa, evidenciando gargalos associados à distância entre setores, cruzamentos de fluxo e ausência de linearidade.

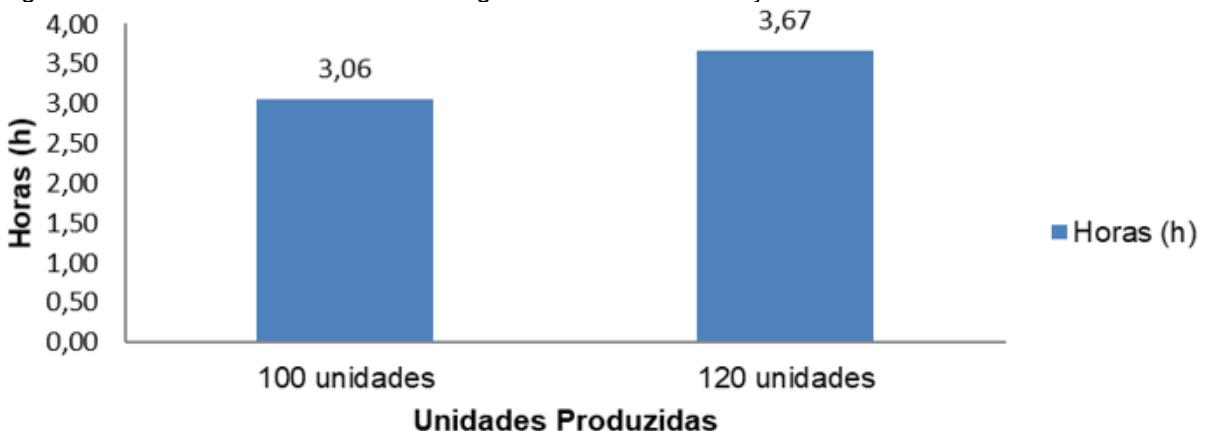
Com base nos tempos levantados em campo, constatou-se que um único item percorre aproximadamente 110 segundos de movimentação para completar o trajeto

entre as etapas internas de estoque, preparação, soldagem, inspeção e carregamento. A Figura 30 demonstra a distribuição desses tempos por etapa, permitindo identificar quais deslocamentos representam maior impacto no ciclo produtivo.

Os maiores tempos médios concentram-se entre Solda 3 → Inspeção (30 s) e Inspeção → Carregamento (40 s), revelando pontos críticos no fluxo. Essas distâncias ampliadas entre setores são resultado direto da disposição não linear do *layout* atual, corroborando as perdas identificadas no diagrama de espaguete e nos registros fotográficos apresentados no diagnóstico.

Com o objetivo de aprofundar a análise, elaborou-se a Figura 30 que apresenta a estimativa do tempo total mensal gasto apenas com movimentação interna, considerando a produção mensal do item estudado. O gráfico evidencia o acúmulo de tempo improdutivo ao longo do mês, reforçando o impacto desses deslocamentos sobre a eficiência do processo.

Figura 30 – Estimativa mensal de horas gastas com movimentação interna



Fonte: O autor, 2025

A partir da Figura 30, observa-se que, considerando uma produção mensal entre 100 e 120 unidades, a movimentação interna consome entre 3,05 e 3,67 horas por mês, sem agregar valor ao produto. Esse tempo acumulado reforça a presença de desperdícios significativos no fluxo físico, conforme preconizado pela filosofia *Lean*, e evidencia a necessidade de reorganização do *layout* para reduzir percursos desnecessários e aumentar a fluidez operacional.

A avaliação consolidada dos tempos e distâncias confirma que o arranjo físico atual (Figura 16) contribuiu de forma expressiva para perdas por movimentação, transporte e espera. Assim, os dados apresentados nesta seção fundamentam

tecnicamente a proposta de reorganização do *layout*, discutida a seguir, que busca otimizar o fluxo, reduzir o tempo de ciclo e eliminar os cruzamentos identificados na análise do espaguete.

4.6 PROPOSTA DO NOVO LAYOUT

Com base no diagnóstico realizado e nas análises apresentadas nas seções anteriores, verificou-se que o arranjo físico atual da empresa apresenta limitações significativas relacionadas ao fluxo de materiais, à distância entre setores e à ocorrência de desperdícios por movimentação, transporte e espera. Os tempos de deslocamento, o diagrama de espaguete e as evidências visuais do processo reforçaram a necessidade de reestruturação do *layout*, de modo a garantir maior fluidez e eficiência operacional.

Diante desse cenário, esta seção apresenta a proposta de reorganização do *layout* produtivo, elaborada com o objetivo de reduzir deslocamentos desnecessários, eliminar cruzamentos de fluxo e otimizar o uso do espaço disponível. A nova configuração busca alinhar as etapas do processo de forma sequencial, aproximar áreas interdependentes e estabelecer uma lógica mais coerente ao fluxo produtivo, contribuindo para a melhoria do desempenho global da empresa.

4.6.1 Diretrizes para a reorganização do *layout* produtivo

A proposta de reorganização do *layout* foi elaborada com base nos princípios do fluxo contínuo e da redução de desperdícios, buscando estabelecer uma sequência lógica entre as etapas do processo produtivo. As distâncias excessivas identificadas entre setores, assim como os cruzamentos de fluxo observados no diagrama de espaguete, reforçaram a necessidade de aproximar áreas interdependentes e reposicionar equipamentos de forma estratégica.

Entre as principais diretrizes adotadas para o redesenho do *layout*, destacam-se:

- Reorganização sequencial do fluxo, iniciando no portão de descarregamento, passando pelo estoque de chapas, corte a laser, soldagem, inspeção e finalizando no carregamento, garantindo linearidade e coerência operacional;

- Aproximação das máquinas e dos postos de trabalho correlacionados, reduzindo deslocamentos e eliminando movimentações desnecessárias entre setores interdependentes;
- Criação de áreas definidas de armazenagem, com melhor controle visual, identificação padronizada e fácil acesso dos operadores ao estoque intermediário;
- Redução dos cruzamentos de fluxo, minimizando interações indevidas entre operadores e a empilhadeira e evitando rotas paralelas ou retornos ao longo do processo;
- Aproveitamento mais eficiente do espaço físico disponível, redistribuindo áreas ociosas, ampliando corredores de circulação e garantindo maior segurança nas movimentações internas.

Essas diretrizes fundamentam o novo *layout* proposto, apresentado no próximo seção, o qual busca promover maior fluidez ao processo, reduzir o tempo total de movimentação e elevar o desempenho operacional da empresa.

4.6.2 Layout proposto para a empresa

O novo *layout* proposto para a Potenza Industrial, conforme apresentado na (Figura 31), foi desenvolvido de forma colaborativa entre o pesquisador e os proprietários da empresa, considerando as limitações estruturais do galpão, as necessidades operacionais atuais e as projeções de crescimento do processo produtivo. Essa construção conjunta permitiu alinhar a proposta às condições reais de espaço, às restrições de movimentação e às prioridades definidas pelos gestores, garantindo que o arranjo final fosse tecnicamente viável e aderente à realidade da empresa. Assim, buscou-se eliminar cruzamentos de fluxo, reduzir movimentações desnecessárias e reorganizar as operações de maneira lógica e sequencial, promovendo maior eficiência no fluxo produtivo.

Com base nos dados diagnosticados e nos desperdícios identificados anteriormente na Figura 30, elaborou-se uma configuração que prioriza a linearidade do processo, iniciando no portão de descarregamento, passando pelo estoque de chapas e pela máquina de corte a laser, avançando para as áreas de solda, inspeção e finalizando no carregamento. Essa nova sequência foi planejada para reduzir

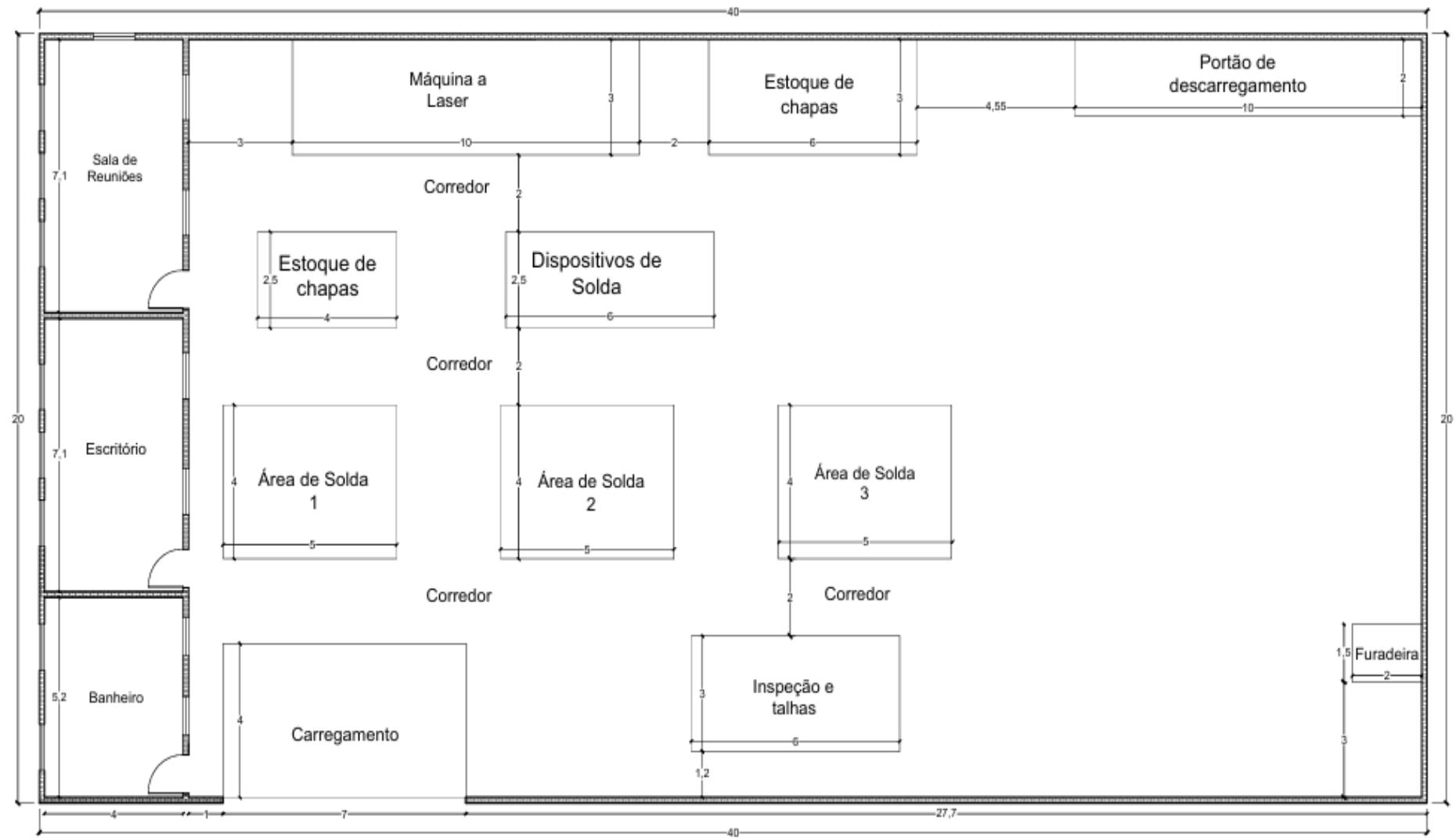
distâncias percorridas, facilitar o abastecimento entre setores e minimizar interferências durante as atividades produtivas.

A máquina de corte a laser foi posicionada estrategicamente no início do fluxo, próxima ao estoque de chapas metálicas, permitindo alimentação direta da matéria-prima com mínima movimentação da empilhadeira. Após o corte, as peças seguem para um estoque intermediário, destinado a organizar temporariamente os componentes antes de sua distribuição para os postos de soldagem.

As áreas de solda 1, 2 e 3 foram reorganizadas de forma paralela e sequencial, estruturando um fluxo contínuo e mais compacto. Essa alteração reduz significativamente as distâncias internas, melhora a ergonomia dos operadores, facilita a transferência de peças entre as etapas e diminui o tempo improductivo associado às movimentações repetitivas. A área de dispositivos de solda foi alocada próxima aos postos, assegurando rápido acesso aos gabinetes utilizados durante a produção.

A área de inspeção e talhas foi posicionada após a soldagem e antes do carregamento, permitindo que a avaliação final das peças ocorra com menor esforço de movimentação e com acesso imediato ao setor de expedição. A proximidade entre inspeção e carregamento otimiza o fluxo final, reduz interferências e facilita o deslocamento da empilhadeira até os caminhões.

Figura 31 – Layout físico proposto para a empresa



Fonte: O autor, 2025

Essas melhorias podem ser visualizadas na Figura 31, que apresenta a configuração final do *layout* proposto, evidenciando a disposição sequencial das etapas e a redução dos deslocamentos internos. Além disso, foi desenvolvido um novo diagrama de esaguete conforme Figura 32, que demonstra visualmente a linearidade do fluxo no cenário proposto e a eliminação dos cruzamentos observados no *layout* atual. Juntos, esses elementos permitem compreender com clareza a otimização obtida na organização física da empresa.

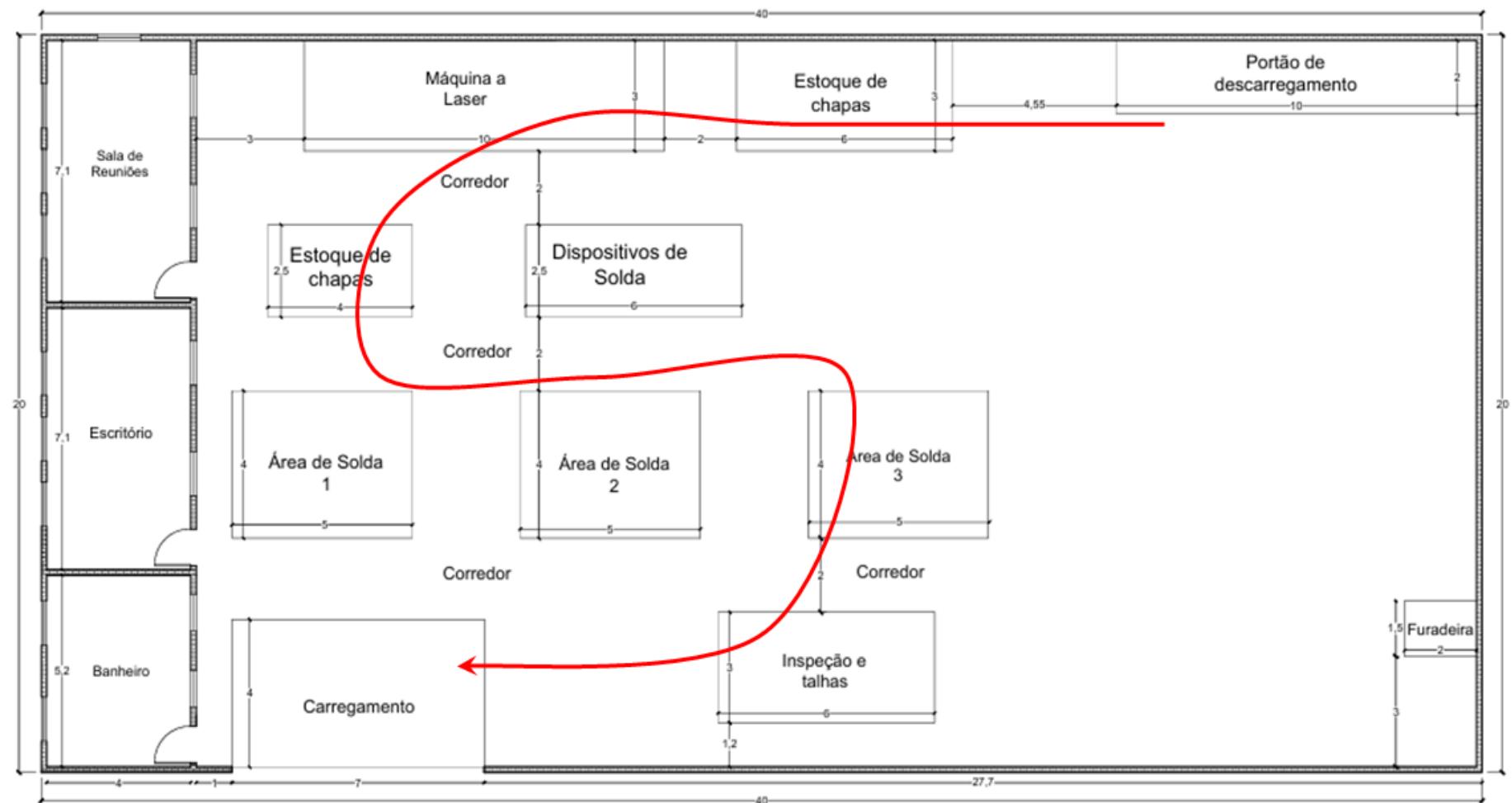
4.6.3 Comparação entre o *layout* atual e o proposto

A análise comparativa entre o *layout* atual da empresa e o *layout* proposto permite avaliar, de forma qualitativa e quantitativa, os ganhos potenciais decorrentes da reorganização física dos setores produtivos. Embora o novo arranjo ainda não tenha sido implantado, foi possível estimar o impacto da mudança com base nas distâncias percorridas, na eliminação de cruzamentos e na nova lógica sequencial definida para o fluxo produtivo.

No cenário atual, representado pelo diagrama de esaguete da Figura 32, observa-se um fluxo de movimentação longo, sinuoso e não linear, resultando em um percurso total aproximado de 110 segundos. Esse comportamento decorre principalmente da grande distância entre setores interdependentes, do retorno constante de peças para áreas distantes e da falta de integração entre soldagem, inspeção e carregamento. Além disso, o fluxo apresenta diversos cruzamentos e deslocamentos paralelos, aumentando o tempo improdutivo e contribuindo para o desperdício por movimentação excessiva.

Para evidenciar visualmente as melhorias proporcionadas pelo novo arranjo físico, elaborou-se o diagrama de esaguete do *layout* proposto de acordo com a (Figura 32). Nesse fluxo otimizado, o percurso do item inicia no portão de descarregamento, segue para o estoque de chapas e posteriormente para a máquina de corte a laser. Após o corte, as peças são direcionadas a um estoque intermediário, de onde são distribuídas entre as áreas de solda 1, 2 e 3. Em seguida, os itens seguem para a área de inspeção e talhas, finalizando o processo no setor de carregamento, localizado próximo ao acesso externo.

Figura 32 – Diagrama de esaguete do *layout* proposto

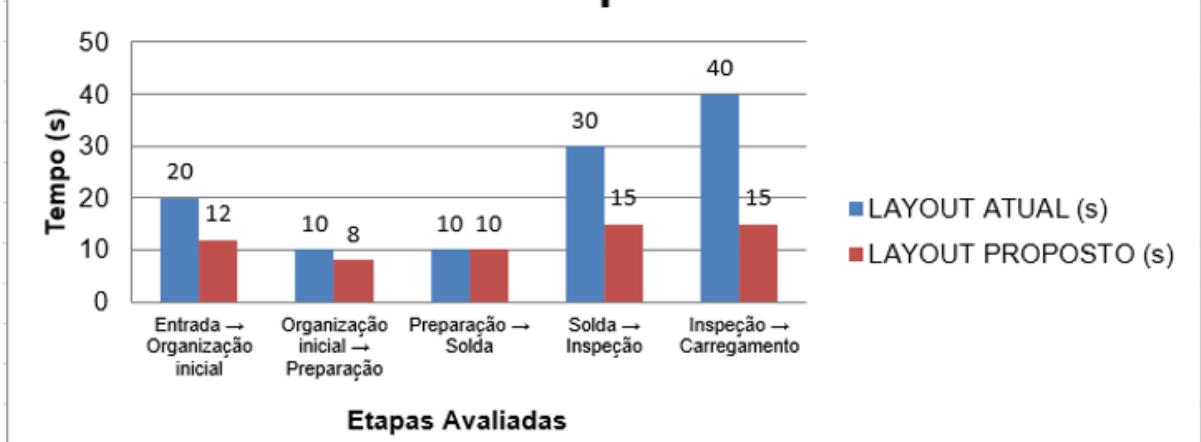


Fonte: O autor, 2025

Esse novo arranjo físico reduz de forma significativa os deslocamentos internos, eliminando retornos desnecessários e criando uma sequência lógica contínua. A proximidade entre corte, soldagem e inspeção reduz a dependência da empilhadeira, diminui o tempo improdutivo entre operações e organiza o fluxo com maior fluidez.

Com base nessa reorganização, estimou-se a redução do percurso total de movimentação de 110 para aproximadamente 60 segundos, representando um ganho potencial de 45% na eficiência do fluxo interno. Essa redução pode ser observada na Figura 33, que apresenta graficamente a comparação dos tempos por etapa nos dois cenários avaliados.

Figura 33 – Comparação dos tempos de movimentação entre o *layout* atual e o *layout* proposto



Fonte: O autor, 2025

Os resultados mostram que a reorganização do arranjo físico proporciona um fluxo mais curto, direto e eficiente. A diminuição dos deslocamentos internos reduz não apenas o tempo total de movimentação, mas também a dependência da empilhadeira em aproximadamente, minimizando interferências entre setores e períodos de espera entre etapas. Além disso, a linearidade do fluxo reduz potenciais riscos de retrabalho e melhora a ergonomia dos operadores.

Portanto, mesmo tratando-se de uma proposta ainda não implantada, os ganhos projetados indicam claramente que a reorganização do *layout* representa uma solução viável e estratégica. A melhoria de 45% no tempo de movimentação interna evidencia o potencial significativo de otimização do fluxo produtivo, com impacto direto na fluidez das operações, na redução de desperdícios e na preparação da empresa para futuras expansões, como a possível integração de uma máquina de dobrar ao processo.

Ressalta-se que os valores apresentados são estimativas baseadas em medições reais do *layout* atual e na simulação do fluxo proposto. Como a nova configuração ainda não foi implementada, variações podem ocorrer conforme ritmo operacional, adaptação dos operadores e ajustes estruturais. Ainda assim, os dados fornecem uma base sólida para demonstrar a viabilidade e o impacto positivo da reorganização física sugerida.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente Trabalho de Conclusão de Curso teve como objetivo analisar o *layout* produtivo de uma empresa do setor metalmecânico e desenvolver uma proposta de reorganização física capaz de melhorar o fluxo de materiais, reduzir desperdícios e otimizar as operações. As análises realizadas no ambiente atual permitiram identificar limitações estruturais que comprometiam o desempenho do processo, tais como longos deslocamentos, cruzamentos de fluxo, dependência excessiva da empilhadeira e baixa linearidade entre as etapas produtivas.

O primeiro objetivo específico — analisar o *layout* da área produtiva, identificando limitações e oportunidades de melhoria — foi plenamente atingido por meio de inspeções *in loco*, registros fotográficos, medições de distâncias e avaliação detalhada do posicionamento de máquinas e áreas de apoio. Essa etapa permitiu compreender com clareza os entraves que dificultavam a fluidez das operações.

O segundo objetivo — analisar o fluxo de materiais, equipamentos e pessoas, identificando interferências e gargalos — também foi alcançado. O estudo dos percursos realizados pelos operadores e pela empilhadeira evidenciou trajetos longos, retornos desnecessários e pontos de cruzamento que retardavam o processo. Além disso, verificaram-se períodos de espera entre etapas produtivas decorrentes do distanciamento físico entre setores interdependentes.

O terceiro objetivo específico — identificar o *layout* mais adequado à realidade da empresa — foi atendido por meio da análise das características estruturais do processo produtivo, das distâncias percorridas, dos gargalos observados e da necessidade de integração da tecnologia de corte a *laser*. Com base nesse diagnóstico, verificou-se que a empresa demanda um arranjo físico que favoreça a fluidez do processo, reduza movimentações internas e aproxime setores interdependentes. Dessa forma, identificou-se que um *layout* em fluxo, com distribuição mais linear das etapas produtivas (armazenamento de chapas, corte, soldagem, inspeção e expedição), é o mais adequado às condições atuais e futuras da organização, preparando o ambiente para ampliações posteriores, como a instalação de uma máquina de dobra.

Por fim, o quarto objetivo — comparar o cenário atual com a proposta desenvolvida, destacando os ganhos projetados — foi atendido por meio de análises comparativas entre tempos de movimentação, percursos e organização espacial. Os

resultados indicam uma melhoria expressiva: o tempo total de deslocamento passou de aproximadamente 110 segundos no *layout* atual para 60 segundos no *layout* proposto, configurando um ganho potencial de 45% na eficiência do fluxo interno. Além disso, observaram-se reduções na dependência da empilhadeira, menor ocorrência de esperas intermediárias e maior fluidez no processo produtivo.

É importante ressaltar que os resultados apresentados representam estimativas projetadas a partir de medições reais e simulações do novo fluxo. Assim, podem variar conforme o ritmo produtivo, a demanda e a adaptação dos colaboradores após a implantação. Ainda assim, os dados fornecem base concreta para afirmar que a reorganização do *layout* é uma solução viável, estratégica e eficaz para a realidade analisada.

Conclui-se, portanto, que o objetivo geral do trabalho foi plenamente alcançado. A proposta desenvolvida demonstra potencial para elevar o desempenho operacional, reduzir desperdícios, melhorar a organização do ambiente fabril e criar condições favoráveis para o crescimento sustentável da empresa. O estudo reforça a importância da Engenharia de Produção como área essencial na busca por processos mais eficientes, seguros e alinhados às necessidades das organizações contemporâneas.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a implementação efetiva do layout proposto, o acompanhamento contínuo dos indicadores de desempenho após a mudança e a realização de estudos complementares envolvendo capacidade produtiva, ergonomia e simulações computacionais, a fim de aprofundar os impactos das melhorias no sistema produtivo.

REFERÊNCIAS

ADAMES, Luan Vieira; PIRES, Lorena Oliveira; ADORNO, Maria Ângela Tallarico; MAINTINGUER, Sandra Imaculada. Produção de hidrogênio em reator anaeróbio de fluxo contínuo utilizando glicerol bruto oriundo da produção de biodiesel. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 2, e12968, 2021. DOI: 10.1590/S1517-707620210002.1268.

AEVO. **Diagrama de Pareto:** o que é, como fazer e exemplos. 2023. Disponível em: <https://blog.aevo.com.br/diagrama-de-pareto/>. Acesso em: 26 nov. 2025.

ALEXANDRE, Agripa Faria. **Metodologia científica:** princípios e fundamentos. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2021.

ALMEIDA, André. **Implementação e análise de resultados de sistema Poka Yoke em linhas de produção de uma empresa do ramo automóvel.** 2024. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) – Universidade de Aveiro, Aveiro, 2024.

ALVES, Bruno Nóbrega de Paiva. **A utilização da ferramenta 5W2H: uma proposta de melhoria no setor produtivo de uma empresa industrial de artefatos em acrílico.** 2021. 63 f. Monografia (Bacharelado em Ciências Contábeis) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Natal, 2021.

ARAUJO, C. A. C.; RENTES, A. F. A metodologia *Kaizen* na condução de processos de mudança em sistemas de produção enxuta. **Revista Gestão Industrial**, v. 2, n. 2, p. 126–135, 2006. DOI: 10.3895/S1808-04482006000200008.

BEZERRA, Bruno Matheus; SOUZA, Érick Barbosa de; MARQUES, Jodiney Benedito; RODRIGUES JUNIOR, Adauri Silveira. **A Aplicação do Lean Manufacturing e Cronoanálise no Setor de Expedição.** Universidade de Vassouras, 2018.

CAMARGO, V. C. B. **Optimization of processes in textile industry: models and solution methods.** Tese (Doutorado) — Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

CARDOSO, I. M.; POJO, D. M.; MARTINS, H. S. Proposta de reorganização de *layout* em uma microempresa familiar do ramo de restaurantes: uma aplicação do diagrama de espaguete com o software Edrawmax. **Revista de Empreendedorismo e Gestão de Micro e Pequenas Empresas**, v. 9, n. 2, p. 85–101, maio/ago. 2024.

CARPINETTI, Luiz Cesar R. **Gestão da Qualidade - Conceitos e Técnicas**, 3. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2016. E-book. ISBN 9788597006438. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788597006438/>. Acesso em: 20 out. 2025.

CARVALHO, José Dinis. **Melhoria contínua nas organizações:** como gerir a mudança e a aprendizagem contínua. São Paulo: Atlas, 2021.

CELERATE. **Os oito desperdícios do Lean Manufacturing.** 2025. Disponível em: <https://celerate.com.br/os-oito-desperdicios-do-lean-manufacturing/>. Acesso em: 26 nov. 2025.

COSTA, R. A.; DRUMOND, G. S.; GUARINO NETO, L.; ALVES, F. D.; SILVA, M. V. D. Análise da capacidade operacional de um processo logístico ferroviário através do estudo de tempos e movimentos. **Revista Tecno-Lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 24, n. esp., p. 355–367, jul./dez. 2020.

DICKEL, D. G.; SILUK, J. C. M. Análise e melhoria de processos operacionais em cooperativas: uma abordagem estatística. **Revista de Gestão e Organizações Cooperativas – RGC**, Santa Maria, RS, v. 2, n. 4, p. 35–44, jul./dez. 2015. DOI: 10.5902/2359043218680.

FAUSTINO, Angela Gabriela Moreira; HIGASHI, Roberto. Otimização de estoque utilizando o sistema Kanban. South American **Development Society Journal**, v. 6, n. 17, p. 321–337, 2020. DOI: 10.24325/issn.2446-5763.v6i17p321-337.

FAVARETTO, P. V.; KUREK, J.; GOMES, A. P.; CAIBRE, D. I.; PANDOLFO, A. Projeto de *layout* industrial para uma empresa do ramo metal-mecânico com base nos princípios da Produção Enxuta. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 13, n. 1, p. 45–71, 2011. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/RECEN/article/view/1206>. Acesso em: 24 maio 2025.

FREITAS, Thaís Cristine Almeida de; SANTOS, Francimar Costa dos. Sistema puxado em projetos: controle do WIP, alívio de sobrecarga e entrega contínua de valor. **Interference Journal**, v. 11, n. 2, p. 626–642, 2025. DOI: 10.36557/2009-3578.2025v11n2p626-642.

GALHARDI, A. C.; TABETA, A. M. Modelos de maturidade em *Lean Manufacturing*: uma análise bibliográfica. **Brazilian Journal of Business**, Curitiba, v. 3, n. 1, p. 312–323, jan./mar. 2021. DOI: 10.34140/bjv3n1-019.

GARDIM, Lucas; SANTOS, Fernanda Rodrigues dos; DIAS, Bruna Moreno; FUENTES, Lívia Barrionuevo El Hetti; SILVEIRA, Renata Cristina de Campos Pereira; BERNARDES, Andrea. *Lean* e/ou *Six Sigma* para otimização de processos no período perioperatório: revisão integrativa. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 77, n. 2, p. e20230431, 2024. DOI: 10.1590/0034-7167-2023-0431

GIL, Antonio C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 7. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2022. E-book. p.41. ISBN 9786559771653. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786559771653/>. Acesso em: 07 jul. 2025.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GUIMARÃES, M. R.; GRANDER, G. Proposta de adequação do layout de uma pizzaria por meio da aplicação do diagrama de espaguete. **Revista Produto & Produção**, v. 25, n. 2, p. 1–13, 2024.

IKEZIRI, Lucas Martins; et al. A perspectiva da indústria 4.0 sobre a filosofia de gestão *Lean Manufacturing*. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 1274–1289, jan. 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n1-089.

INÁCIO, Laíres Cristina dos Reis; et al. Ferramentas básicas da qualidade: folha de verificação, estratificação, fluxograma, diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto, matriz GUT e 5W2H. **Revista Gestão e Secretariado (GeSec)**, São Paulo, v. 14, n. 10, p. 17413-17427, 2023. DOI: 10.7769/gesec.v14i10.2890

JACOMOSSI, Rafael Ricardo; FELDMANN, Paulo Roberto. Boas Práticas de Gestão e Capacidade Absortiva: Impactos na Produtividade das Firmas. **Revista de Administração Contemporânea (RAC)**, v. 24, n. 5, p. 432–447, 2020. DOI: 10.1590/1982-7849rac2020190140.

LEITE, Juliano Marcos Pelentil; et al. *Layout*: importância do *layout* adequado no setor de atendimento ao cliente: estudo de caso em uma empresa situada na cidade de Ampére, no sudoeste do Paraná. **Revista Acadêmica Online**, v. 10, n. 54, p. 1–18, 2024. DOI: 10.36238/2359-5787.2024.V10N54.371.

LIMA, Jeconias Freitas de; SOUSA JÚNIOR, José Venâncio Lopes de; SILVA, Diego Romão de Sousa; FERREIRA, Everton Valério Gomes; GONÇALVES, Paulo Alves. Aplicação da Cronoanálise em Processos Industriais. **Revista Mangaio Acadêmico**, v. 5, n. 1, p. 81–106, 2020.

LOPES, Beatriz Cristina; ALVES, Joseanna de Paiva. Ciclo PDCA aplicado na indústria do pescado. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 3, n. 3, p. 1370–1379, jul./set. 2020. DOI: 10.34188/bjaerv3n3-054.

LUCIANO, Erik Leonel Leone; et al. Mapeamento do Fluxo de Valor para caracterização do *Takt Time* como indicador de performance aplicado ao setor cafeeiro. **Revista Univap**, v. 29, n. 63, p. 1–19, 2023. DOI: 10.18066/revistaunivap.v29i63.4380.

LUNETTA, Avaetê de; GUERRA, Rodrigues. Metodologia da pesquisa científica e acadêmica. **Revista OWL**, v. 1, n. 2, Campina Grande, ago. 2023. Disponível em: <https://www.revistaowl.com.br>. Acesso em: 16 jun. 2025.

MARCONI, Marina de A.; LAKATOS, Eva M. **Metodologia científica**. 8. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2022. E-book. p.108. ISBN 9786559770670. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786559770670/>. Acesso em: 07 jul. 2025.

MARTINS, P. G., et al. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

MARTINS, Petrônio G.; LAUGENI, Fernando P. Administração da produção. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2015.

MARTINS, Vanessa do Carmo. **Bomba de seringa impressa por manufatura aditiva aplicada à reação de oxidação em regime de fluxo contínuo**. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de São João del-Rei, Ouro Branco, 2024.

MEDEIROS, R. S.; CRUZ, G. A.; VIEIRA, R. C. G.; SOUSA, R. P. C. de. Balanceamento de linha de produção em um setor de montagem. **Revista Gestão Industrial**, v. 16, n. 3, p. 72–88, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3895/rgi.v16i3.17233>.

MENESES NETO, A.; BARRETO, L. C.; ANDRADE, L. N.; OLIVEIRA, C. G. Estudo do *Kaizen*: o método de melhoria contínua em diferentes áreas de aplicação. **Cadernos de Graduação – Ciências Exatas e Tecnológicas**, Aracaju, v. 7, n. 1, p. 53–59, out. 2021. ISSN 2316-3135.

NAKAHARA, Elisa Freitas. **Aplicação da metodologia 5S na gestão da manutenção em uma indústria de papel do norte do Paraná**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2022.

NEUMANN, Clóvis; SCALICE, Régis Kovacs. **Projeto de fábrica e layout**. Rio de Janeiro: GEN LTC, 2015. E-book. ISBN 9788595154452. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595154452/>. Acesso em: 27 out. 2025.

OLIVEIRA, Cristina Apolinário de; TARRENTO, Gilson Eduardo. Aplicação das Ferramentas Diagrama de Ishikawa, Método dos 5 Porquês e *Poka Yoke*: um estudo de caso na fabricação de peças metálicas. **Tekhne e Logos**, Botucatu, v. 16, n. 1, p. 100–109, maio 2025.

OLIVEIRA, J. M.; SANTOS FILHO, D. S.; SANTOS, A. R. Implantação da metodologia *Lean Six Sigma* em uma empresa de celulose e papel: um estudo de caso no Paraná. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 1511–1525, 2024. DOI: 10.34188/bjaer.v7i2.18375.

OLIVEIRA, R. A.; SOUSA, J. P.; MARTINS, R. A. Estudo de *layout* em uma empresa do setor metalmecânico. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 5, n. 1, p. 68–76, 2019.

PENNA, Vinícius Medeiros. **Planejamento de layout celular e avaliação da mudança proposta com uso de simulação computacional**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2023.

PEREIRA, Cíntia Beatriz Duarte. A ferramenta 5W2H na análise da inclusão das pessoas com deficiência visual nas escolas municipais. **Revista Educar Mais**, v. 4, n. 3, p. 606-623, 2020. DOI: <https://doi.org/10.15536/reducarmais.4.2020.1893>.

PESSOA, Everton Hipólito. Um sistema à prova de erros operacionais: aplicação do método *Poka Yoke* em uma ferramenta de fixação eletrônica. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Instituto Federal do Amazonas, Manaus, 2023.

RICCI, Gabrieli Marina; MAGRINI, Rosemary Chiuchi; PANDOLFI, Marcos Alberto Claudio. Ciclo PDCA como ferramenta da qualidade para a melhoria em serviços. **Interface Tecnológica**, Taquaritinga, v. 18, n. 1, p. 537–545, 2021. DOI: 10.31510/infa.v18i1.1122.

ROCHA, Daniel Pereira; SOUSA, Josiano César de. Gestão da qualidade: a importância do método Kanban como ferramenta gerencial. **Id on Line Revista Multidisciplinar e de Psicologia**, v. 15, n. 55, p. 449–468, maio 2021. DOI: 10.14295/idonline.v15i55.3085.

ROCHA, Henrique M.; BARRETO, Jeanine S.; AFFONSO, Lígia M. F. **Mapeamento e modelagem de processos.** Porto Alegre: SAGAH, 2017. E-book. p. 125. ISBN 9788595021471. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595021471/>. Acesso em: 21 out. 2025.

ROCHA, Tiago Soares da; PAKES, Paulo Renato; SILVA, Breno Bezerra. Aplicação de Ferramentas da Qualidade no Processo de Melhoria Contínua na Engenharia de Produto em uma Empresa de Produtos Hospitalares. **Revista Foco**, Curitiba, v. 15, n. 3, p. 1–20, 2022. DOI: 10.54751/revistafoco.v15n3-004.

RUNRUN.IT. **Método Kanban:** o que é, como funciona e modelos de quadros. 2025. Disponível em: <https://blog.runrun.it/kanban/>. Acesso em: 27 nov. 2025.

SANTOS, P. V. S.; FERRAZ, A. V.; SILVA, A. C. G. C. Utilização da ferramenta Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) para identificação de desperdícios no processo produtivo de uma empresa fabricante de gesso. **Revista Produção Online**, v. 19, n. 4, p. 1197–1230, 2019.

SENA, Jéssica Rocha; PEREIRA, Lilian Shirley; MOREIRA, Silvio; PONCIANO, Katia. Aplicação do diagrama de Pareto e a metodologia TPM como forma de melhoria do processo produtivo e redução do downtime. **South American Development Society Journal**, v. 7, n. 21, p. 173-189, 2021. DOI: 10.24325/issn.2446-5763.v7i21p173-189

SILVA, Ana Catarina Rodrigues. **Redução do inventário no bordo de linha – Sistema puxado para vernizes numa indústria de embalagens.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial e Gestão) – Universidade de Aveiro, Aveiro, 2022.

SILVA, Ana Lucia Fernandes. Proposta de melhoria de *layout*: um estudo de caso no setor de aramados de empresa metalúrgica. **REFAS: Revista FATEC Zona Sul**, v. 6, n. 3, p. 5, 2020.

SILVA, Gabriel Juan Domingos; et al. **Layout celular em assistência técnica de informática:** o estudo de caso de uma assistência técnica de pequeno porte em Cubatão. Cubatão: ETEC de Cubatão, 2023.

SILVA, Isabela Moreira da; CASAGRANDE, Diego José. A utilização das ferramentas da qualidade Diagrama de Ishikawa e FMEA – Análise de Modos e Efeitos de Falhas nas empresas. **Interface Tecnológica**, Taquaritinga, v. 19, n. 2, p. 961–973, 2022. DOI: 10.31510/infa.v19i2.1503

SILVA, L. H.; et al. A utilização do programa operacional padrão na melhoria contínua da padronização de processos logísticos industriais. **Revista Foco**, v. 17, n. 11, p. 1–23, 2024. DOI: 10.54751/revistafoco.v17n11-020.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; BURGESS, Nicola. **Administração da Produção.** 10. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2023. E-book. p.515. ISBN 9786559775187. Disponível em:

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786559775187/>. Acesso em: 24 out. 2025.

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

SOLIMAN, Marlon; et al. **Projeto de um sistema puxado para a central de material e esterilização de um hospital de médio porte**. Santa Maria; Porto Alegre: Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2020.

SOUSA, A. S.; OLIVEIRA, G. S.; ALVES, L. H. **A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos**. Cadernos da FUCAMP, v. 20, n. 43, p. 64–83, 2021.

TEIXEIRA, I. P. F.; et al. Definição da gestão estratégica de um sistema de indicadores visando maximização da eficiência e eficácia da frota própria de uma indústria de bebidas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 34. Anais... Santos: ABEPRO, 2019.

TERZONI. **5W2H e matriz GUT**: entenda como aplicar essas ferramentas. 2023. Disponível em: <https://terzoni.com.br/leanblog/5w2h-e-gut/>. Acesso em: 26 nov. 2025.

TOASSI, Rubia F.; PETRY, Luana G. Metodologia científica aplicada à área da saúde. **Cadernos de Pós-Graduação da Faculdade IDE**, Recife, v. 4, n. 1, p. 6–18, 2024. Disponível em: <https://revista.faculdadeide.edu.br/index.php/cadernoside/article/view/67>. Acesso em: 16 jun. 2025.

VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro. **Produtividade total dos fatores e capacidade de absorção tecnológica na agropecuária paulista**. Texto para Discussão nº 2871. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, 2023. DOI: 10.38116/td2871-port

VILELA, F. F.; PIEDADE, D. D. da C.; MONTEVECHI, J. A. B.; LEAL, F. Balanceamento de operações e simulação a eventos discretos: redução da ociosidade dos operadores em uma linha de montagem. **Revista Produção Online**, v. 20, n. 2, p. 472–492, 2020. DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v20i2.3842>

YIN, Robert K. **Estudo de caso**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. E-book. ISBN 9788582602324. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788582602324/>. Acesso em: 07 jul. 2025.