



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Mecânica



APLICAÇÃO DE TÉCNICAS PARA O BALANCEAMENTO DE POSTOS DE TRABALHO NUMA EMPRESA

ESDRAS MIRANDA LEMOS
Mestre em Engenharia da Qualidade e Ambiente

Trabalho de iniciação científica para a obtenção do grau de
Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Orientador:
Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu

Júri:
Presidente: Doutor Vítor Manuel Rodrigues Anes
Vogal (arguente): Doutor Duarte Nuno Caldeira Cordeiro Dinis
Vogal (orientador): Doutor António João Pina da C. F. Abreu

Novembro 2023



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Departamento de Engenharia Mecânica

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS PARA O
BALANCEAMENTO DE POSTOS DE TRABALHO
NUMA EMPRESA**

ESDRAS MIRANDA LEMOS

Mestre em Engenharia da Qualidade e Ambiente

Trabalho de iniciação científica para a obtenção do grau de

Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Orientador:

Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu

Júri:

Presidente: Doutor Vitor Manuel Rodrigues Anes

Vogal (arguente): Doutor Duarte Nuno Caldeira Cordeiro Dinis

Vogal (orientador): Doutor António João Pina da C. F. Abreu

Novembro 2023

A minha família, razão de minha
existência.

A Deus.

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina.”

Cora Coralina

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a minha mãe, meus irmãos, por toda sua dedicação e incentivo e a todos meus amigos que me incentivaram durante todo o curso.

Agradeço à empresa XPTO por ter me dado a oportunidade de trabalhar na área da Engenharia e Gestão Industrial e desenvolver esse estudo.

Ao Professor António João Feliciano Abreu, por sua dedicação e orientação e por ter compartilhado um pouco da sua competência.

A todos os professores do curso de MEGI, que puderam contribuir diretamente pelo meu enriquecimento intelectual.

E a todos os funcionários do ISEL, pela imensa disponibilidade e colaboração.

Aos colegas de curso pela agradável convivência.

Resumo

A grandeza diretriz tempo é decisiva para a configuração dos processos nos empreendimentos empresariais, que são regulados por parâmetros como custos, mercado, recursos humanos, qualidade e o já citado tempo como fator de destaque

O objetivo primário de uma empresa está em manter ou aumentar sua capacidade competitiva. Para atingir este objetivo, torna-se imprescindível a disponibilidade de um sistema amplo e unificado como instrumento de administração do gerenciamento de dados e tempos, que alcance todos os níveis organizacionais da empresa. Estes dados normalmente podem ser descobertos de diversas formas, mas todas elas irão fazer com que os mesmos requeiram passar por um levantamento, avaliação, inter-relacionamento e interpretação. Porém o dado de tempo não é nada além da expressão da qualidade de um processo. É preciso racionalizá-lo, influenciá-lo.

Influenciar o parâmetro tempo por sua vez, significa modificar processos planejando-os e configurando-os. Mais importante que a apuração de dados, a configuração dos processos deve ser o objeto central do gerenciamento dos tempos e dados. Simplesmente gerenciar tempos sem estruturar processos não contribui para o desenvolvimento de uma empresa.

O *MTM* descreve a realidade de um processo de produção planejado com precisão. Este método não fornece somente padrões, mas sim diversos padrões em diversos níveis para poder explicar a diferença entre uma oficina de automóveis e uma linha de montagem exerce a função de linguagem comum sendo base para medição, comparação e modificação em todos os níveis de uma empresa. Tem como lema o “certo desde o começo” pois com este pode-se avaliar um posto de trabalho sem o mesmo estar montado, usando apenas a descrição das tarefas executadas no mesmo, portanto o método realça a necessidade de otimizar o processo e consequentemente custos e produtividade na confecção do produto.

Descreveremos neste trabalho as principais técnicas de medição dos movimentos e suas aplicações do mesmo numa empresa do segmento farmacêutico.

Palavras-Chaves: MTM, Tempo, Métodos, Padrão, Processo

Abstract

The guiding parameter of time is decisive for the configuration of processes in business enterprises, which are regulated by parameters such as costs, market, human resources, quality, and the afore mentioned time as a prominent factor.

The primary objective of a company is to maintain or increase its competitive capacity. To achieve this goal, it is essential to have a comprehensive and unified system as a tool for data and time management that reaches all organizational levels of the company. These data can typically be obtained in various ways, but all of them require data collection, evaluation, interrelation, and interpretation. However, time data is nothing more than an expression of the quality of a process. It needs to be rationalized and influenced.

Influencing the time parameter, in turn, means modifying processes by planning and configuring them. More important than data collection, the configuration of processes should be the central focus of time and data management. Simply managing time without structuring processes does not contribute to the development of a company.

MTM describes the reality of a precisely planned production process. This method provides not only standards but also various standards at different levels to explain the difference between an automotive workshop and an assembly line, serving as a common language basis for measurement, comparison, and modification at all levels of a company. Its motto is "getting it right from the start" because it allows for the evaluation of a workstation without it being fully assembled, using only the description of the tasks performed at that workstation. Therefore, the method emphasizes the need to optimize the process and, consequently, costs and productivity in product manufacturing.

In this work, we will describe the main techniques for measuring movements and their applications in a pharmaceutical company.

Keywords: MTM, Time, Methods, Standard, Process

ÍNDICE GERAL

Agradecimentos	vii
Resumo	ix
Abstract	xi
ÍNDICE GERAL.....	XIII
LISTA DE FIGURAS	XVI
LISTA DE TABELAS.....	XVIII
LISTA DE SIGLAS ACRÓNIMOS	XIX
1. INTRODUÇÃO	1
1.2 Plano de trabalho e metodologia de investigação	3
1.3 Enquadramento	4
1.4 Objetivos gerais.....	5
1.5 Objetivos específicos	6
1.6 Estruturas da tese	7
1.7 Metodologia	8
1.8 Estrutura do modelo – Medidas do Trabalho.....	11
1.9 Objetivos	11
1.10 Razão para se Fazer um Estudo da Medida do Trabalho	12
1.11 Técnicas da Medida do Trabalho.....	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 Origem e história do <i>Lean Manufacturing</i>	16
2.2 Os Princípios do <i>Lean Thinking</i>	16
2.3 Especificar valor	18
2.4 Definir o fluxo de valor.....	18
2.5 Criar fluxo contínuo	20
2.6 Puxar a produção	20
2.7 Buscar a perfeição	20

2.8 Os desperdícios do Lean.....	22
2.9 As principais ferramentas do Lean Manufacturing.....	24
2.9.1 Value Stream Mapping (VSM).....	24
2.9.2 5S.....	26
2.9.2 Kaizen	28
2.9.4 SMED – Troca rápida de Ferramentas.....	29
2.9.5 Sistemas <i>Poka Yoke</i>	30
2.9.6 Trabalho Padronizado	32
2.10 Métricas Lean.....	33
3. MODELO DE IMPLEMENTAÇÃO	37
3.1 Apresentação	37
3.2 Objetivo e Motivação de fazer o Balanceamento	38
3.3 Metodologia e Terminologia.....	39
3.4 Estudos de tempo para sistemas existentes	41
3.5 Sistema de Tempos Predeterminados para Novos Sistemas (MTM)	43
3.5.1 A Tabela de tempos padrões MTM	47
3.5.2 Iniciando a aplicação do MTM.....	49
3.6 Documentos e Normas Aplicadas	50
3.7 Folha de Diagrama de Combinação.....	51
3.7.1 Folha de Diagrama de Processo de Combinação	51
3.7.2 Gráfico de Balanceamento	54
3.7.3 Identificação de desperdícios e melhorias de produtividade	54
3.7.4 Foco em Equilíbrio e Eficiência	56
3.8 Implementação.....	57
4. ESTUDO DE CASO DA ENVOLVENTE EMPRESÁRIAL	59
4.1 Caso de Estudo: Empresa.....	59
4.2 Introdução da aplicação	61
4.3 Objetivo	62
4.4 Método de trabalho	62
4.5 Descrição da situação atual	64
4.6 Operações e tempos atuais.....	66
4.7 Procedimento de setup	67

4.8 Tempos de setup atuais.....	68
4.9 Descrição das operações do processo	69
4.10 Identificação das falhas.....	75
4.11 Yamazumi – Balanceamento das atividades	75
4.12 Trabalho padronizado.....	77
4.13 Proposta de melhoria para o balanceamento e redução de setup	80
4.14 Levantamento dos tempos proposta de melhorias.....	81
4.15 Resultados e discussões.....	85
5. CONCLUSÃO	88
RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	90
BIBLIOGRAFIA	91
ANEXO A – ANÁLISE MTM.....	II
ANEXO B - HISTÓRICO DOS TEMPOS PRÉ-DET. ADTO DE MAYNARD (2001), SUGAI (2003) E MTM (2005).....	III
ANEXO C - NÍVEL DE MÉTODO, SEG. MAYNARD. FONTE: MAYNARD (2001)...	IV
ANEXO D - NÍVEL DE MÉTODO, SEG. MTM. ADAPTADO DE: MTM (2005).....	V
ANEXO E - DESCRIÇÕES E EXEMPLOS DE NÍVEL DE MÉTODO, SEGUNDO MTM. ADAPTADO DE MTM (2005).....	VI
ANEXO F - NÍVEL DE MÉTODOS EM DIF. APLICAÇÕES. ADAPT DE: MTM	VIII
ANEXO G - TABELAS DE MTM BÁSICO. ADPT: MAYNARD (2001) E MTM.....	IX

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo do TiCon.....	10
Figura 2: Mapeamento do fluxo de valor	19
Figura 3: Os cinco princípios do lean.	22
Figura 4: Dimensão da construção da cultura lean	24
Figura 5: Mapa do fluxo de valor	26
Figura 6: Divisão do trabalho e operação	38
Figura 7: Elementos do tempo	40
Figura 8: Medidas e variação do tempo de ciclo	41
Figura 9: Metodologia MTM.....	44
Figura 10: Tabela de tempos padrões.....	48
Figura 11: Processo de melhoria continua na aplicação do MTM	49
Figura 12: Processo de implantação do MTM	49
Figura 13: Implantação do MTM em uma empresa.....	50
Figura 14: Distribuição de documentos	50
Figura 15: Folha de diagrama de combinação	53
Figura 16: Gráfico de balanceamento do operador	54
Figura 17: Identificação dos desperdícios, recursos, melhorias e processos.....	55
Figura 18: Estrutura da empresa no mundo.....	
Figura 19: Estrutura da metodologia do trabalho	63
Figura 20: Layout da linha.....	65
Figura 21: Comparativo entre os dias programados x nº setup.....	67

Figura 22: Comparativo entre o nº de linhas x tempo gasto.....	68
Figura 23: Análise atual do processo – OP1	70
Figura 24: Análise atual do processo – OP2	71
Figura 25: Análise atual do processo – OP3	72
Figura 26: Análise atual do processo – OP1	73
Figura 27: Análise atual do processo – OP2	74
Figura 28: Gráfico de balanceamento processo atual	76
Figura 29: Gráfico de balanceamento processo proposto	76
Figura 30: Modelo de carta de sequência	78
Figura 31: Trabalho padronizado	79
Figura 32: Análise do processo proposto – OP3	82
Figura 33: Análise do processo proposto – OP1	83
Figura 34: Análise do processo proposto – OP2	84
Figura 35: Processo atual x proposto.....	85
Figura 36: Análise do processo atual x proposto: Gantt.....	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Avaliação de desempenho.....	42
Tabela 2: Definição do número de operadores.....	45
Tabela 3: Metodologia de análise de dados	46
Tabela 4: Comparativo MTM x Cronoanálise.....	46
Tabela 5: Critério de avaliação de documentos	51
Tabela 6: Sequência de trabalho envase Op1	69
Tabela 7: Análise atual do processo - Envase.....	70
Tabela 8: Sequência de trabalho envase Op2	71
Tabela 9: Análise atual do processo - envase	72
Tabela 10: Sequência de trabalho embalagem Op1	73
Tabela 11: Sequência de trabalho embalagem Op2.....	74
Tabela 12: Problemas identificados nas operações	75
Tabela 13: Processo atual	76
Tabela 14: Processo proposto	76
Tabela 15: Sequência de trabalho envase Op1 e Op2	81
Tabela 16: Sequência de trabalho envase Op3.....	82
Tabela 17: Sequência de trabalho embalagem Op1.....	83
Tabela 18: Sequência de trabalho embalagem Op2.....	84
Tabela 19: Demonstração do tempo de ciclo - resultados.....	87

LISTA DE SIGLAS ACRÓNIMOS

JIT: Just-in-Time

KPI: Key performance indicator (Indicador Chave de Performance)

MEK: “MTM für die Einzel- und Kleinserienfertigung” – MTM para produção individual e em pequenas séries

MRP: “Material Requirement Planning” – Planejamento da necessidade de materiais.

MTA: “Motion-Time-Analysis” – um sistema de tempos pré-determinados

MTM: “Methods Time Measurement” – em português “Medição do Tempo de Métodos”, sistema de tempos pré-determinados focado neste estudo

MTM-2: Módulo MTM desenvolvido pela associação MTM sueca, com importância na Escandinávia, Inglaterra e França.

MTM-3: Módulo MTM

MTM SDB: “Standard-Daten-Basiswerte” - MTM Valores Básicos - Dados Padrão MTM

MTS: “Motion Time Survey” – um sistema de tempos pré-determinados

OEE: Overall Equipment Effectiveness

PDCA: Plan, Do, Check e Act (Planear, Fazer, Verificar e Agir)

PCP: Planejamento e Controlo de Produção

Poka-Yoke: Método que possibilita a inspeção 100% através do controle físico ou mecânico.

SMED: “Single Minute for Exchange of Die” - Troca de Ferramenta em um Minuto

STP: Sistema Toyota de Produção.

TMU: “Time Measurement Unit” – unidade de medição de tempo. 1 TMU = 0,00001 horas

TRF: Troca Rápida de Ferramentas

UAS: “Universelles Analysiersystem” – Sistema de Análise Universal MTM

VSM: Value Stream Mapping

1. INTRODUÇÃO

O termo *Method Time Measurement (MTM)* sistemas de tempos pré-determinados), são métodos com os quais deverão ser apurados os tempos teóricos para a execução dos procedimentos, totalmente influenciáveis pelo ser humano. Da aplicação destes sistemas surgem orientações para a configuração dos locais e métodos de trabalhos.

Sofreram impulsos significativos com F.W Taylor (1856-1915 e com F.B Gilbreth (1868-1924) que reconheceu que o tempo de execução de uma tarefa, por uma pessoa com a mesma, aptidão(capacidade) e empenho(esforço), dentro de um ritmo operacional racional ou razoável depende exclusivamente do método aplicado.

É claro que esta é uma afirmação fortemente influenciada pelo aspecto mecanicista, uma vez que aspectos como motivação influência do ambiente de trabalho ou ainda as propriedades do objeto a ser trabalhado estão excluídas desta análise. Correto mesmo seria afirmar que o método aplicado é uma importante grandeza de influência.

Ao filmar inúmeras sequências de movimentos, Gilbreth constatou que os movimentos humanos podem ser sintetizados, ou melhor, agrupados em 17 elementos de movimentos, e identificou-os pela inversão de seu nome, denominando-os "Therbligs". Estes foram os antecessores dos movimentos básicos MTM.

No sentido clássico da palavra, MTM é a abreviação de *Methods -Time Measurement*, o que pode ser traduzido por "medição de tempo de métodos". Esta denominação determina que o tempo necessário para executar uma determinada tarefa operacional depende do método aplicado, ou ainda, que o tempo é uma função do método. Em poucas palavras:

"O método determina o tempo!"

Este método estrutura sequência de movimentos em movimentos básicos. A cada movimento básico é atribuído o valor de um tempo padrão, que é pré-determinado em função dos fatores que influenciam a sua composição.

Portanto o MTM é um instrumento para:

- Descrever
- Estruturar
- Organizar
- Planejar Sistema de Trabalho como também um sistema de medição de desempenho padrão para meios e sistemas de produção.

A tese se estrutura em **cinco capítulos**, no primeiro capítulo apresenta-se a **Introdução** que apresenta a sua apresentação, as características, objetivos, estruturas do trabalho, desenvolvimento teórico, metodologia.

No segundo capítulo **Revisão Bibliográfica**, caracteriza por apresentar uma análise teórica, com base em estudos publicados.

Para o terceiro capítulo **Modelo de Aplicação**, será o referencial prático com análise como podemos aplicar e as principais técnicas utilizadas atualmente, os princípios, ferramentas e técnicas adotadas em todo o mundo, assim como o desenvolvimento do MTM.

No quarto capítulo **Caso de estudo**, iremos demonstrar na “prática” as técnicas aqui mencionada em uma empresa farmacêutica.

No quinto capítulo **Conclusões** é apresentado as ilações e inferências sobre o trabalho.

Nas demais referências, teremos a apresentação da **Bibliografia** utilizadas no trabalho, assim como os **Apêndices**.

1.2 Plano de trabalho e metodologia de investigação

O Plano de Trabalho adoptado tem por base as seguintes etapas, alinhadas com os objetivos:

- Pesquisa bibliográfica e revisão com atualização do estado da arte em matéria de estudos de tempos.

Apresentação dos instrumentos utilizados no âmbito prático, abordando questões relacionadas a tempos e métodos.

- Análise das políticas de utilização de gestão do tempo ao longo da produção e dos processos;
- Auscultação da posição dos gestores relevantes no âmbito da utilização de ferramentas e técnicas de medição do tempo, em particular a indústria:
 - Inclui a análise de um caso de estudo no âmbito da indústria metalomecânica;
- Análise de resultados e perspectiva de melhoria contínua para o futuro, incluindo:
 - A abordagem dos benefícios e desempenho face aos atuais momentos de competitividade global.
 - Uma perspectiva da gestão integrada do sistema de produtivos para o futuro.
- Conclusão
- Recomendações para trabalhos futuros.

1.3 Enquadramento

O objetivo primário de uma empresa está consubstanciado em manter e aumentar sua capacidade competitiva. Para atingir este objetivo, torna-se imprescindível a disponibilidade de um sistema amplo e unificado como instrumento de administração do gerenciamento de dados e tempos, que alcance todos os níveis organizacionais da empresa.

No estudo de caso apresentado, realizado numa empresa caracterizada por produtos de elevada complexidade, propõe-se desenvolver um modelo que melhore o método atual de avaliação dos tempos de preparação e *setup*, para que se torne uma ferramenta de eliminação de desperdícios e uma importante ferramenta de decisão. Neste caso, a utilização de um tempo pré-definido ou modelo MTM é uma decisão unilateral do engenheiro de processo e não segue um modelo de decisão sistematizado.

Este entendimento em relação a gestão de dados e tempos se contrapõe ao até então reconhecido conceito de gestão de tempos, que de uma forma superficial era considerado como instrumento do princípio “Taylorista” aplicado a um relativamente reduzido segmento do universo empresarial.

Com isto relaciona-se algumas importantes exigências da gestão de tempos como:

- Uma gestão do tempo de alta abrangência em todos os processos relevantes de uma empresa (entre eles também as áreas de prestação de serviços manuais e administrativos, as atividades de desenvolvimento, de consultoria e gestão).
- Uma precisão compatível dos dados da gestão de tempos com seu correspondente instrumento, evitando assim um esforço excessivo nas atividades de gestão de tempo.
- Correlação dos graus de organizações de um processo, uma vez que, em função dos objetivos do empreendimento, o processo tem significados bem diferenciados, conforme o significado existem diferentes graus e níveis da configuração do processo e assim também

do desenvolvimento de rotinas (integração operacional) do ser humano no processo.

1.4 Objetivos gerais

O objetivo geral deste trabalho é fazer uma análise quantitativa dentro de um estudo de caso de uma empresa que já tomou a iniciativa de implantar os novos conceitos de tempos e métodos, buscando aprimorar os métodos de controlo e gestão dos tempos. Essa empresa atua no mercado farmacêutico de vacinas e medicamentos, e irá apresentar uma abordagem das respectivas evoluções quanto a gestão dos tempos aplicados na produção. Será abordado o conceito do *MTM* na inovação tecnológica que ocorre. Para isto ser possível foram utilizadas duas ferramentas que se completam, no escopo que utilizamos neste trabalho. As ferramentas *TiCon* e os Ficheiros Manuais, estão disponibilizadas *online* na plataforma da *MTM*, que em parceria com a própria consultoria aplica o método em inúmeros casos.

A metodologia *MTM* possui um software conhecido como *MTM-TiCon*. Segundo a *MTM* o gerenciamento central de dados no banco de dados do software *TiCon* possibilita que as informações processadas no *TiCon* fiquem disponíveis de forma transparente e de fácil compreensão. Assim, elas contribuem com o cálculo das porcentagens de criação de valor (agrega valor, não agrega valor, desperdício e logística) através de todas as estruturas de tempo. De acordo com a *MTM*, a vantagem da utilização do software *MTM-TiCon* é a possibilidade de distribuição uniforme de conteúdos complexos de trabalho para estações ou colaboradores de uma linha de montagem. Neste caso, também podem ser balanceadas diferentes variantes de produto e fabricações especiais. Além de permitir a comparação de dois balanceamentos de linhas, analisando os resultados no tocante aos seus dados de utilização da capacidade. Dessa forma, o software *MTM-TiCon* facilita e permite traçar metas mais audaciosas, permitindo administrar diversos cenários, fornecendo opções para escolha ou seleção do balanceamento que melhor encaixa a situação atual da organização. Desta forma é fundamental que seja necessário em primeiro momento oferecer uma vantagem competitiva e melhoria contínua, corrigindo erros, reduzindo custos e processos ineficientes. Depois se faz necessário a implantação de

ferramentas que possibilitam uma melhor análise, afinal não se pode automatizar o caos.

1.5 Objetivos específicos

O objetivo específico deste trabalho é dar suporte ao processo de aplicação de técnicas para o balanceamento das atividades de postos de trabalho, durante o processo de setup aplicados numa empresa.

Entre os objetivos específicos desta pesquisa é possível citar:

- 1) Aplicar e discutir os conceitos dos sistemas MTM e a Cronoanálise.
- 2) Analisar os tempos obtidos com a aplicação do MTM e da Cronoanálise no estudo de caso.
- 3) Estabelecer um parâmetro e visualizar os principais resultados.
- 4) Verificar se a aplicação da metodologia MTM resulta no aumento de produtividade.
- 5) Demonstrar melhorias alcançadas com a implementação da metodologia MTM.

Este trabalho também pretende responder as seguintes questões.

- I. Qual o papel do MTM nos processos de gestão de tempos e métodos?
- II. Qual são as vantagens do MTM em relação a outras ferramentas?
- III. Quais as principais facilidade e/ou dificuldades na implantação do MTM?

1.6 Estruturas da tese

O trabalho está dividido em cinco capítulos, sendo o primeiro reservado à introdução e contextualização da tese e a sua estrutura está composta em cinco capítulos, assim estruturados:

1 – Introdução: Enquadramento, Metodologia, Metodologia e Estrutura: Reservado à introdução e contextualização do problema

2 – Revisão bibliográfica: Tem como foco a metodologia MTM. Temas como Produtividade e Balanceamento e Nivelamento de linhas de produção são também apresentados visando embasar o estudo

3 – Modelo de aplicação: apresenta técnicas de aplicação de MTM e possibilidades de combinação de MTM com outras ferramentas com o propósito de permitir um aumento de produtividade

4 – Estudo de caso: Os estudos de caso são apresentados neste capítulo, no qual são ilustrado um problema prático com os quais o autor se deparou para a aplicação da metodologia MTM, permitindo uma maior discussão e detalhamento das técnicas descritas no terceiro capítulo

5 – As Conclusões e discussões finais são apresentadas no quinto capítulo, no qual também são apresentadas as comparações entre a metodologia MTM e outras ferramentas gerenciais

1.7 Metodologia

De acordo com REIS (2010), a metodologia de pesquisa é uma sequência de passos a serem feitas pelo pesquisador no seu processo de obtenção e busca pelo conhecimento. Pode também se tratar de um planeamento de técnicas e ferramentas de pesquisa. A evolução durante o processo de pesquisa se dá na mistura dos estudos teóricos, práticos e a criatividade do pesquisador utilizando as mais variadas técnicas e recursos disponíveis.

Para REIS (2010), pesquisa no meio universitário é uma das áreas mais importantes e fascinantes. Essa atividade constitui o principal sentido das universidades. Para essa atividade iremos adoptar um exemplo prático implantado numa empresa. Dessa forma acreditamos que pudemos entender melhor a evolução do trabalho a ser implantado das técnicas adotadas.

De acordo com CIRIBELLI (2003), a pesquisa descritiva são os dados analisados, observados sem a ação do pesquisador. São técnicas de obtenção de dados através de observações, entrevistas e outros levantamentos de uma maneira mais teórica.

CIRIBELLI (2003) define “pesquisa explicativa” como sendo de carácter prático, com o fim de observar, testar e tirar conclusões a partir do que foi estudado.

A abordagem metodológica adotada para explorar o tema foi a pesquisa explicativa, escolhida devido à natureza inovadora e revolucionária do assunto em questão e que conecta as novas propostas da nova revolução industrial. A pesquisa explicativa é uma tentativa de conectar as ideias e fatores identificados para compreender as causas e efeitos de determinado desse fenómeno e tentar demonstrar o que é feito. De essa maneira planear e estruturar as ações são fundamentais para aumentar o sucesso das novas tecnologias

Para CIRIBELLI (2003), a Pesquisa Quantitativa se define como sendo aquela onde o mais importante é os dados, para análises, mensurações e interpretação.

Também CIRIBELLI (2003), define que Pesquisa Qualitativa se apresenta quanto os dados obedecem a uma lógica feita pelo pesquisador que estabelece um parâmetro.

Para abordar este tema, optaremos por uma abordagem exploratória, conforme mencionado anteriormente. Dessa forma, para aprimorar nosso desenvolvimento, adotamos a ferramenta TiCon, a qual possibilita a execução de simulações de balanceamento. Suas vantagens incluem a geração de cenários e a visualização da distorção resultante do novo balanceamento. Essa ferramenta proporcionou uma orientação quantitativa mais precisa, permitindo-nos comparar situações desde o passado até uma projeção para os próximos três anos, além de analisar os KPIs necessários.

Para GIRLENE SANTOS DE SOUZA (2013), a pesquisa explicativa ou experimental se apresenta como a melhor forma de identificar e mostrar os fatos. Dessa maneira é a categoria de pesquisa que mais apresenta a realidade dos dados.

A metodologia *MTM* possui um software conhecido como *MTM-TiCon*, sua principal função é o gerenciamento central de dados no banco de dados.

Neste caso, também podem ser balanceadas diferentes variantes de produto e fabricações especiais. Além de permitir a comparação de dois balanceamentos de linhas, analisando os resultados no tocante aos seus dados de utilização da capacidade. Dessa forma, o software *MTM-TiCon* facilita e permite traçar metas mais audaciosas, permitindo administrar diversos cenários, fornecendo opções para escolha ou seleção do balanceamento que melhor encaixa a situação atual da organização.

Esta ferramenta facilita e permite traçar metas mais audaciosas, permitindo administrar diversos cenários, fornecendo opções para escolha ou seleção do balanceamento que melhor encaixa a situação atual da organização. Na Figura 1 podemos mostrar alguns desses modelos de *TiCon* utilizados nas indústrias.

O *TiCon* nos permite:

- Análise e cálculo para o processo de fabricação, diretamente no SAP S/4HANA

- Implementação direta, rápida e em toda a empresa de processos e mudanças de produtos.
- Identificação de potenciais por projeto de local de trabalho em relação ao tempo e simulação e comparação de mudanças de tempo antes da implementação no chão de fábrica das plantas.
- Integração certificada pela SAP com o módulo de planejamento de produção SAP S/4HANA e uma estreita troca e integração dentro dos sistemas de planejamento de produção existentes e do software de planejamento de recursos empresariais.

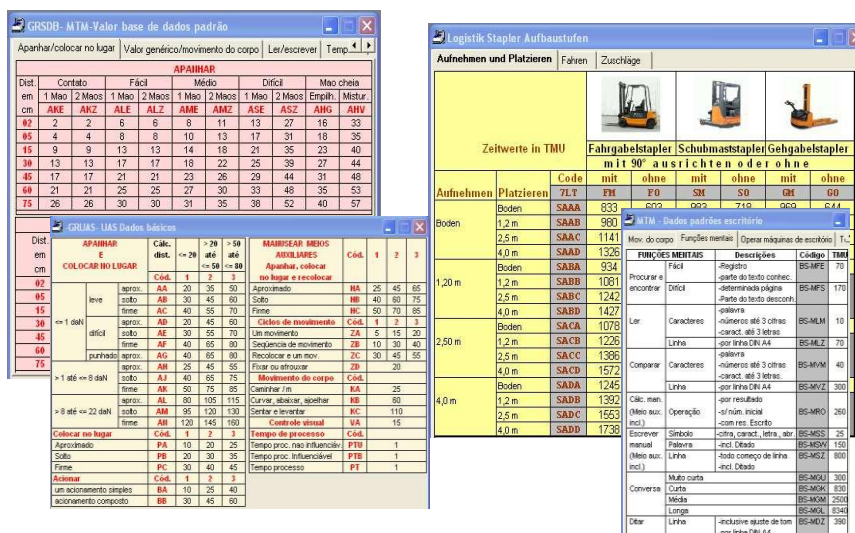


Figura 1: Modelo do TiCon (Fonte: MTM, 2005)

Para realização desta pesquisa utilizaram-se as fontes primárias, visto que temos em posse dados ainda não estudados, obtidos através de dados coletados na produção e aplicado na empresa em estudo. Para o embasamento teórico foram utilizadas fontes secundárias, devido à pesquisa e coleta de informações bibliográficas pautadas no assunto objeto de estudo.

De início, percebeu que a empresa já havia iniciado um planeamento para adoção de ferramentas de tempos e métodos e começar a implantar alguns conceitos de *MTM*. Tendo conhecimentos da iniciativa, foi tomada uma iniciativa monocrática para realizar um planeamento de como seria, e qual a utilidade pratica do mapeamento usando a ferramenta. Dessa maneira se estabeleceu as perspectivas quanto à pesquisa ser feita na empresa, estabelecendo agora o contacto com o responsável da empresa de modo a apresentar a proposta. Dado o entusiasmo do responsável pelo departamento foi autorizada a possibilidade de fazer um projeto, ficando definido o que seria abordado na reunião, e qual seria a ferramenta utilizada. Foi feita uma apresentação do *MTM* e como seria aplicado no projeto, assim veio de encontro às expectativas e processos operacionais da empresa, realizado em fases de comparação com o antes e depois.

Dessa maneira conseguimos demonstrar as evoluções, melhorar os processos, prever as dificuldades e otimizar os investimentos, assim, podemos apresentar um direcionamento claro até onde à empresa deseja atingir.

1.8 Estrutura do modelo – Medidas do Trabalho

A medida do trabalho consiste na investigação do tempo que uma pessoa adaptada ao trabalho e completamente treinada no método pré-fixado ou norma pré-estabelecida levará para executar uma operação trabalhando num ritmo considerado normal.

Se o trabalho for executado por uma pessoa não treinada e sem um método de trabalho fixo, o tempo requerido para a execução da operação variará de peça para peça ou de operador para operador.

1.9 Objetivos

O objetivo imediato da medida do trabalho é investigar, reduzir e finalmente eliminar os tempos improdutivos, proporcionando um meio de determinar os tempos standard (tempos padrão).

Podemos citar, ainda, outros objetivos, tais como:

- Determinar o custo de transformação dos produtos;
- Planejar, programar e controlar a produção;
- Determinar o número de máquinas atribuíveis a um executante;
- Determinar a eficiência de máquina e mão-de-obra;
- Calcular carga de máquina ou de mão-de-obra, visando comparar com o tempo disponível para a tomada de decisões;
- Balancear linhas de produção, visando equilibrar a carga de trabalho das pessoas que trabalham na linha;
- Elaborar diagrama homem-máquina, visando retratar as etapas de execução da operação em estudo para efetuar melhorias;
- Elaborar estudos de capacitação de fábrica, visando definir o número de recursos necessários (máquina e mão-de-obra) para atender a demanda;
- Servir de auxílio na elaboração de projetos de instalação de novas fábricas;
- Fazer estudos de melhorias de métodos de trabalho.

1.10 Razão para se Fazer um Estudo da Medida do Trabalho

- Lançamento de um produto novo;
- Introdução de modificação do produto, método de trabalho, equipamento ou arranjo físico;
- Um operador ou um chefe que se queixa de não estar conseguindo atingir o tempo estabelecido;
- Custo de um produto que parece excessivo ou reduzido em comparação com produtos similares;
- Baixo índice de eficiência de um posto de trabalho;
- Desequilíbrio de tempo entre os postos de trabalho de uma linha de produção;
- Tempo padrão com desvio em relação ao auditado;

1.11 Técnicas da Medida do Trabalho

Existem diferentes técnicas para se determinar o tempo de uma operação produtiva.

A escolha da técnica a ser utilizada requer a análise de alguns elementos, tais como:

- Exatidão da medida,
- Aplicação do conhecimento do tempo,
- Rapidez para se determinar os tempos,
- Pessoal técnico necessário para realizar os estudos,
- Tipos de produção,
- Padronização dos métodos de trabalho.

As técnicas mais desenvolvidas são:

- Cronometragem (Estudo de Tempos)
- Tempos pré-determinados
- Tempos históricos
- Tempos estimativos

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica sobre o *Lean Manufacturing* aborda o conceito e os princípios fundamentais desse sistema de gestão, amplamente aplicado na indústria para melhorar a eficiência e eliminar desperdícios nos processos de produção. Neste capítulo, são apresentadas as principais teorias, metodologias e ferramentas relacionadas ao *Lean Manufacturing*, destacando-se as contribuições de estudiosos e pesquisadores renomados na área.

O capítulo inicia com uma definição clara do *Lean Manufacturing*, descrevendo seus princípios-chave, como a busca pela excelência, o foco no cliente, a eliminação de desperdícios e a melhoria contínua. São exploradas as origens do *Lean Manufacturing*, com ênfase no Sistema Toyota de Produção, desenvolvido no Japão após a Segunda Guerra Mundial, e sua influência na evolução do conceito.

Em seguida, são apresentados os pilares do *Lean Manufacturing*, incluindo:

- Fluxo de valor: Explica-se a importância de mapear o fluxo de valor, identificando as etapas do processo, os gargalos e os desperdícios presentes. Também são discutidas as técnicas utilizadas, como o mapeamento do fluxo de valor atual (*Current State Value Stream Mapping*) e o desenho do fluxo de valor futuro (*Future State Value Stream Mapping*).
- Produção puxada: Aborda-se o conceito de produção puxada, em contraste com a produção empurrada tradicional, e como ele permite a produção apenas quando há uma demanda real do cliente. São apresentadas ferramentas como o *Kanban* e o *Just-in-Time* (JIT) para promover a produção puxada.
- Eliminação de desperdícios: Explora-se a classificação dos oito tipos de desperdícios identificados pelo *Lean Manufacturing*, incluindo superprodução, transporte excessivo, espera, processamento desnecessário, inventário em excesso, movimento desnecessário, defeitos e subutilização do potencial humano. São discutidas as estratégias para eliminar cada um desses desperdícios e melhorar a eficiência operacional.

Além disso, são abordadas outras ferramentas e metodologias aplicadas no *Lean Manufacturing*, como o 5S, que visa organizar o ambiente de trabalho; o *Kaizen*, que busca a melhoria contínua em pequenos passos; e a padronização de processos, para garantir consistência e qualidade.

Essa revisão bibliográfica sobre o *Lean Manufacturing* fornece uma base teórica sólida para os capítulos subsequentes da pesquisa, estabelecendo os fundamentos conceituais e metodológicos que serão utilizados na análise e discussão dos resultados obtidos.

2.1 Origem e história do *Lean Manufacturing*

O *Lean Manufacturing* é uma filosofia de gestão que busca eliminar desperdícios e aumentar a eficiência dos processos produtivos. A origem do *Lean Manufacturing* remonta ao Japão do pós-guerra, quando a Toyota desenvolveu o Sistema Toyota de Produção (STP), inspirado nos princípios do fordismo e do controle de qualidade. O STP se baseava em conceitos como *just-in-time*, *kanban*, *kaizen*, *poka-yoke* e *jidoka*, que visavam reduzir estoques, sincronizar a demanda com a oferta, melhorar continuamente, prevenir erros e valorizar os trabalhadores. O termo *Lean Manufacturing* foi cunhado em 1988 por John Krafcik, um pesquisador do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), que estudou o desempenho das indústrias automobilísticas mundiais. O conceito se popularizou com o livro *A Máquina que Mudou o Mundo* (1990), de *James Womack*, Daniel Jones e Daniel Roos, que apresentaram os benefícios do *Lean Manufacturing* para a competitividade e a qualidade. Desde então, o *Lean Manufacturing* se expandiu para diversos setores e países, sendo considerado uma das principais abordagens para a gestão da produção na atualidade.

2.2 Os Princípios do *Lean Thinking*

De acordo com o STP (Sistema Toyota de Produção), os princípios do *Lean Thinking* são um conjunto de diretrizes que fundamentam a filosofia do *Lean Manufacturing*. Eles fornecem uma abordagem sistemática para eliminar desperdícios, melhorar a

eficiência e impulsionar a melhoria contínua nos processos de produção. A seguir, estão os cinco princípios essenciais do *Lean Thinking*:

- **Identificar Valor:** O primeiro princípio do *Lean Thinking* envolve compreender o valor do ponto de vista do cliente. É fundamental identificar o que é valorizado pelo cliente final e direcionar os esforços para entregar produtos e serviços que atendam a essas necessidades. Isso envolve uma compreensão profunda das expectativas e requisitos dos clientes, permitindo uma definição clara de valor.
- **Mapear o Fluxo de Valor:** O segundo princípio é mapear o fluxo de valor, que envolve a análise detalhada de todas as etapas envolvidas na entrega de um produto ou serviço, desde o início até o fim. Esse mapeamento permite identificar todas as atividades que agregam valor e aquelas que geram desperdício. O objetivo é eliminar as atividades desnecessárias e otimizar o fluxo de valor, garantindo um fluxo contínuo e eficiente do processo.
- **Criar Fluxo Contínuo:** O terceiro princípio do *Lean Thinking* é estabelecer um fluxo contínuo, onde o trabalho flui de forma suave e contínua, sem interrupções ou atrasos. Isso envolve a minimização de estoques intermediários, a redução de tempos de setup e a implementação de sistemas de produção puxada, onde o próximo estágio do processo é acionado pela demanda real. O objetivo é eliminar interrupções e gargalos para garantir um fluxo contínuo do trabalho.
- **Implementar a Produção Puxada:** O quarto princípio do *Lean Thinking* é a implementação da produção puxada, que significa produzir somente o necessário com base na demanda real do cliente. Em vez de produzir em excesso e criar estoques desnecessários, a produção puxada busca sincronizar a produção com a demanda, reduzindo o desperdício e permitindo uma resposta mais ágil às necessidades do cliente.
- **Buscar a Perfeição:** O quinto e último princípio é a busca contínua pela perfeição, também conhecida como *kaizen*. O *Lean Thinking* enfatiza a melhoria contínua e sistemática em todos os aspectos do processo. Isso envolve o envolvimento de todos os funcionários na identificação de problemas, na geração de ideias de melhoria e na implementação de soluções. O objetivo é criar uma cultura de aprendizado e aprimoramento constante, visando a excelência operacional.

Esses cinco princípios do *Lean Thinking* fornecem uma estrutura abrangente para orientar a implementação do *Lean Manufacturing*, permitindo que as organizações eliminem desperdícios, otimizem a eficiência e criem valor para o cliente. Ao aplicar esses princípios de forma consistente, as empresas podem alcançar melhorias significativas em seus processos e obter vantagens competitivas sustentáveis.

2.3 Especificar valor

No sistema *Lean Manufacturing*, especificar o valor é um dos princípios fundamentais. Isso envolve entender claramente o que é valor para o cliente e garantir que todas as atividades e processos dentro da organização estejam alinhados para entregar esse valor.

Especificando o valor, a empresa se concentra em identificar as necessidades e expectativas dos clientes e projetar produtos e serviços que atendam a essas demandas. Isso envolve eliminar qualquer atividade que não agregue valor ao produto final, eliminando desperdícios e otimizando os processos.

Ao especificar o valor, a organização pode garantir que os recursos sejam alocados de forma eficiente, evitando gastos desnecessários e concentrando-se naquilo que realmente importa para o cliente. Isso resulta em maior satisfação do cliente, redução de custos e maior eficiência operacional.

2.4 Definir o fluxo de valor

No sistema *Lean* de produção, o fluxo de valor é o caminho que um produto ou serviço percorre desde a sua concepção até a entrega ao cliente final. Ele envolve todas as etapas e processos necessários para transformar matérias-primas em um produto acabado, incluindo a obtenção de materiais, o processamento, a movimentação, o armazenamento e a distribuição.

O mapeamento do fluxo de valor (MFV) é uma ferramenta utilizada no *Lean Manufacturing* para visualizar e analisar o fluxo de valor atual e identificar oportunidades de melhoria. O MFV permite identificar gargalos, desperdícios e

ineficiências ao longo do fluxo de valor, possibilitando a implementação de medidas para otimizar o processo e eliminar atividades que não agregam valor ao cliente.

Ao mapear o fluxo de valor, são identificadas as etapas do processo, os tempos de ciclo, os tempos de espera, os estoques, as atividades que agregam valor e as atividades que não agregam valor. Na Figura 2, podemos mostrar essa integração e isso permite uma compreensão completa do fluxo de valor e ajuda a identificar oportunidades de melhoria, como a redução de tempos de espera, a eliminação de desperdícios e a otimização do fluxo de materiais e informações.

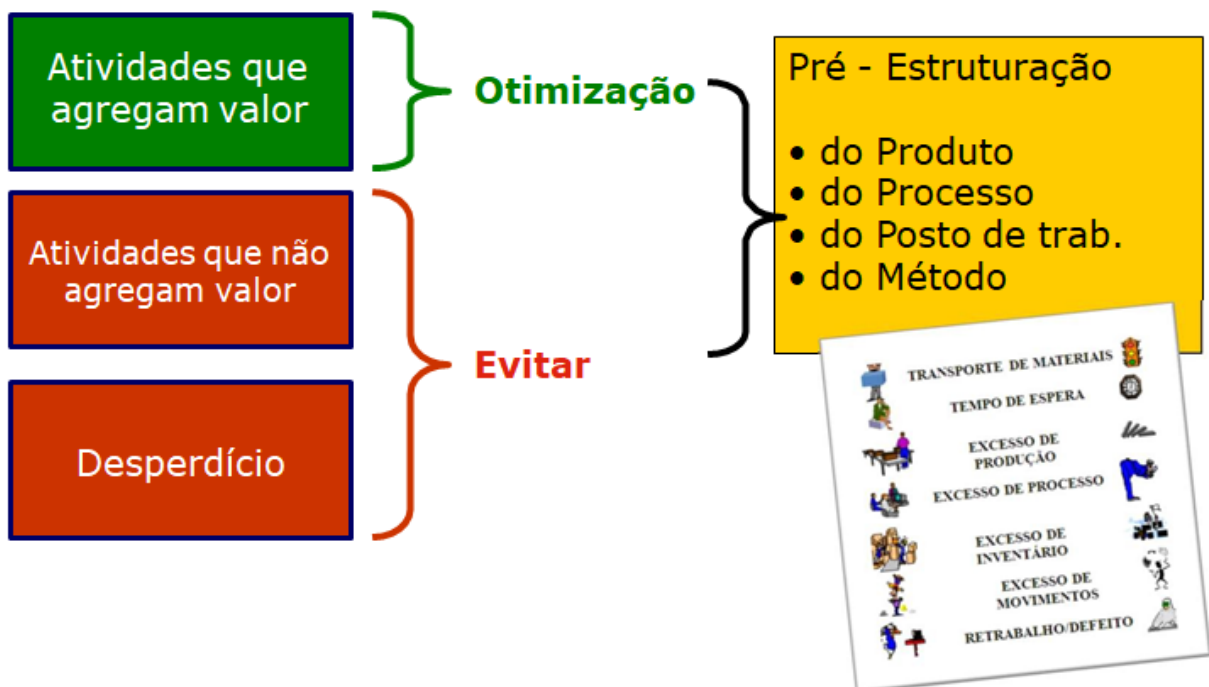


Figura 2: Mapeamento do fluxo de valor

O objetivo final do mapeamento do fluxo de valor é criar um fluxo contínuo e eficiente, alinhado com as necessidades e expectativas do cliente, reduzindo o lead time, melhorando a qualidade, aumentando a produtividade e reduzindo os custos.

2.5 Criar fluxo contínuo

Para Womack & Jones (2003), o fluxo contínuo é um dos princípios do sistema *lean* de produção, que visa eliminar desperdícios e aumentar a eficiência dos processos.

O fluxo contínuo consiste em produzir e entregar os produtos ou serviços de acordo com a demanda do cliente, sem interrupções ou estoques intermediários. Para criar um fluxo contínuo, é preciso mapear o valor de cada etapa do processo, eliminar as atividades que não agregam valor, padronizar as operações, reduzir os tempos de setup e de transporte, integrar os fornecedores e os clientes, e implementar o controle visual e o *kaizen* (melhoria contínua).

Em resumo, para Womack & Jones (2003) concluem que o fluxo de valor no sistema Lean de produção refere-se à representação visual e detalhada de todas as etapas, recursos e informações envolvidas na produção de um produto ou serviço. Ele é fundamental para identificar desperdícios, melhorar a eficiência e maximizar o valor entregue ao cliente.

2.6 Puxar a produção

O princípio de "puxar" a produção é uma abordagem do *Lean Manufacturing* onde a produção é impulsionada pela demanda do cliente Womack & Jones (2003). Em vez de produzir com base em previsões ou estoques, o sistema é projetado para responder diretamente às necessidades reais do cliente. Isso é alcançado através da implementação de um sistema de produção *pull*, onde cada etapa do processo só inicia quando há uma demanda real por produtos ou serviços. Esse método ajuda a evitar o excesso de produção, reduzir o desperdício e melhorar a eficiência geral do sistema.

2.7 Buscar a perfeição

O Sistema Toyota de Produção (STP), também conhecido como *Toyota Production System* (TPS), enfatiza a busca contínua pela perfeição como um dos princípios

fundamentais. Esse princípio é conhecido como "*Kaizen*", que significa melhoria contínua em japonês.

De acordo com o STP, a busca pela perfeição envolve um compromisso contínuo de aprimorar todos os aspectos do sistema, desde os processos de produção até o desenvolvimento de produtos e a gestão da organização. Alguns dos pontos-chave relacionados à busca pela perfeição no STP incluem:

- **Melhoria contínua:** O STP incentiva todas as pessoas envolvidas no processo a identificar problemas, propor soluções e implementar melhorias. O objetivo é criar uma cultura organizacional onde a busca pela perfeição seja um esforço constante.
- **Eliminação de desperdícios:** O STP enfatiza a identificação e a eliminação de desperdícios em todos os processos. Isso inclui atividades que não agregam valor, como superprodução, transporte desnecessário, estoques excessivos, esperas, retrabalho, entre outros. Ao eliminar esses desperdícios, busca-se alcançar um fluxo de trabalho mais suave e eficiente.
- **Padronização:** A busca pela perfeição no STP envolve a criação de padrões claros e precisos para todos os processos. A padronização facilita a identificação de variações e problemas, além de permitir que as melhorias sejam implementadas de forma consistente em toda a organização.
- **Uso de dados e análise:** O STP valoriza a coleta e o uso de dados para orientar a tomada de decisões e a melhoria dos processos. A análise sistemática dos dados ajuda a identificar oportunidades de melhoria, compreender as causas fundamentais dos problemas e avaliar o progresso em direção à perfeição.
- **Envolvimento de todos os colaboradores:** O STP reconhece a importância do envolvimento de todos os colaboradores no processo de busca pela perfeição. Isso inclui a valorização das sugestões e ideias dos funcionários, a criação de equipes de melhoria e a promoção de uma cultura de aprendizado e inovação.

No STP, a busca pela perfeição não é vista como um objetivo final, mas como um processo contínuo. É reconhecido que sempre haverá espaço para melhorias e que a excelência operacional é alcançada por meio do esforço constante de aprimoramento.

Em resumo, o Sistema Toyota de Produção enfatiza a busca contínua pela perfeição como um princípio fundamental. Isso envolve a melhoria contínua, a eliminação de desperdícios, a padronização, o uso de dados e a análise, e o envolvimento de todos os colaboradores na busca constante por melhorias em todos os aspectos da organização. Na Figura 3 podemos visualizar essa interação contínua.



Figura 3: Os cinco princípios do *Lean* (Fonte: Pedro Coelho, 2020)

2.8 Os desperdícios do Lean

O *Lean Manufacturing* identifica oito tipos de desperdícios que podem ocorrer em um processo produtivo. De acordo com Liker (2007), a Toyota considerou oito grandes tipos de desperdícios. Esses desperdícios são conhecidos como "os 8 desperdícios" ou "as 8 formas de desperdício". São eles:

- **Superprodução:** Produzir mais do que é necessário ou antes do momento adequado, resultando em excesso de estoque, desperdício de recursos e aumento de custos.
- **Espera:** Tempo ocioso devido a atrasos, falta de sincronização entre processos ou falta de disponibilidade de materiais, equipamentos ou informações necessárias.
- **Transporte:** desnecessário: Movimentação excessiva de materiais, peças ou produtos sem agregar valor ao processo, aumentando o risco de danos, atrasos e custos adicionais.
- **Processamento desnecessário:** Realizar etapas de trabalho ou processos que não agregam valor ao produto, consumindo tempo e recursos sem benefícios tangíveis.
- **Estoque excessivo:** Manter níveis de estoque além do necessário, resultando em custos adicionais de armazenamento, risco de obsolescência, desperdício de capital e possíveis problemas de qualidade.
- **Movimentação excessiva:** Deslocamento desnecessário de pessoas ou equipamentos durante o processo produtivo, gerando desperdício de tempo e esforço.
- **Defeitos:** Produtos ou serviços que não atendem às especificações ou expectativas do cliente, resultando em retrabalho, perda de tempo e recursos.
- **Subutilização do potencial humano:** Não aproveitar ao máximo as habilidades, conhecimentos e experiências dos colaboradores, resultando em falta de engajamento, desperdício de talentos e oportunidades de melhoria não exploradas.

A identificação e eliminação dos oito desperdícios no *Lean Manufacturing* são fundamentais para a obtenção de eficiência, qualidade e valor agregado. Ao eliminar esses desperdícios, as organizações podem reduzir custos, melhorar a produtividade, aumentar a satisfação do cliente e liberar recursos para investimentos estratégicos. Além disso, a conscientização e o engajamento de todos os membros da equipe são essenciais para identificar e resolver os desperdícios em busca da excelência operacional.

Portanto, ao aplicar os princípios do *Lean Manufacturing* e eliminar os oito desperdícios, as empresas podem criar um ambiente de trabalho mais eficiente, com processos otimizados e uma cultura de melhoria contínua, levando a resultados positivos tanto para a organização quanto para os clientes.

2.9 As principais ferramentas do Lean Manufacturing

As ferramentas *Lean* são técnicas e abordagens específicas utilizadas no *Lean Manufacturing* para identificar e eliminar desperdícios, melhorar a eficiência dos processos e aumentar o valor entregue ao cliente. Essas ferramentas foram desenvolvidas ao longo do tempo como parte do Sistema Toyota de Produção e são amplamente utilizadas em várias indústrias. A Figura 4 ilustra algumas das ferramentas lean mais utilizadas.

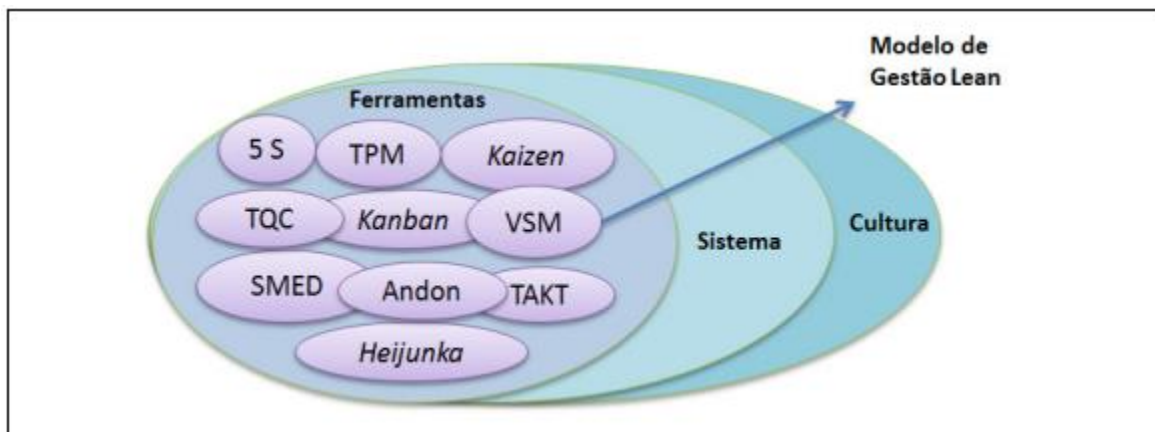


Figura 4 – Dimensões da construção da cultura lean (Fonte: Adaptado de Justa e Barreiros, 2009)

2.9.1 Value Stream Mapping (VSM)

O *Value Stream Mapping* (mapeamento do fluxo de valor) é uma ferramenta amplamente utilizada no *Lean Manufacturing* para visualizar, analisar e otimizar o fluxo de materiais e informações em um processo de produção ou serviço. É uma representação visual do estado atual e futuro do fluxo de valor, desde a chegada da matéria-prima até a entrega do produto ao cliente.

O objetivo do mapeamento do fluxo de valor é identificar e eliminar desperdícios, melhorar a eficiência e maximizar o valor agregado ao cliente. Ele fornece uma visão detalhada de todo o processo, incluindo atividades, estoques, tempos de espera, movimentações, inspeções e outras etapas envolvidas.

A utilização prática do *Value Stream Mapping* envolve os seguintes passos:

- **Identificação do processo:** Selecionar um processo específico a ser mapeado, seja ele um fluxo de produção, um serviço ou uma cadeia de suprimentos.
- **Mapeamento do estado atual:** Coletar dados e informações sobre todas as etapas do processo, incluindo tempo de ciclo, quantidade de estoque, movimentações, tempos de espera, inspeções, entre outros. Essas informações são representadas em um diagrama, mostrando a sequência de atividades e fluxo de materiais e informações.
- **Identificação de desperdícios:** Analisar o mapa do estado atual para identificar desperdícios, como estoque excessivo, tempos de espera, transporte desnecessário, retrabalho, entre outros. Esses desperdícios são destacados e registrados para posterior eliminação.
- **Projeto do estado futuro:** Com base na identificação dos desperdícios, a equipe busca projetar um estado futuro mais eficiente e otimizado. Isso envolve a eliminação dos desperdícios identificados, a reorganização do fluxo de trabalho, a redução de tempos de ciclo, a criação de um fluxo contínuo e a implementação de melhorias específicas. posterior eliminação.
- **Plano de ação:** Elaborar um plano de ação detalhado para implementar as melhorias propostas. Esse plano pode incluir ações como reorganização do layout, implementação de sistemas *Kanban*, ajustes nos processos, treinamento de funcionários e outras iniciativas de melhoria contínua.
- **Implementação e monitoramento:** Executar o plano de ação e monitorar os resultados obtidos. É importante acompanhar os indicadores-chave de desempenho (*KPI's*) para avaliar o impacto das melhorias e fazer ajustes quando necessário.

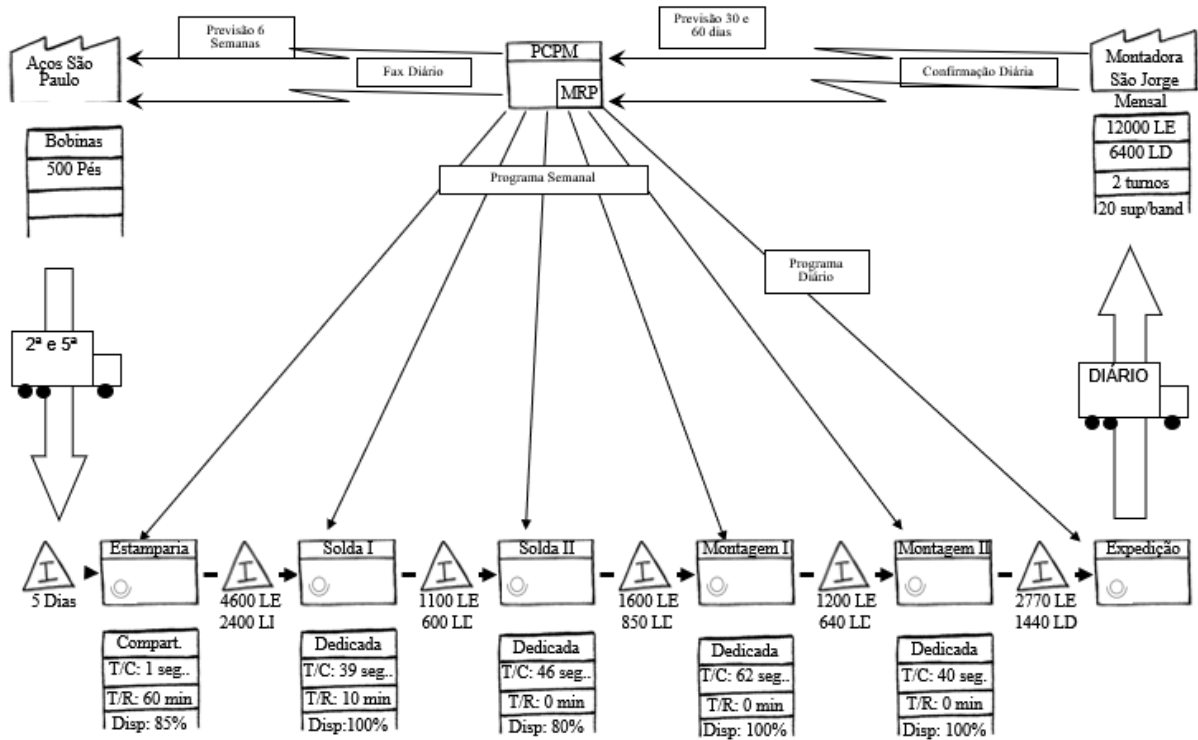


Figura 5: Mapa de Fluxo de Valor (MFV) ou Value Stream Mapping (VSM)

A Figura 5 apresenta o *Value Stream Mapping* que oferece uma visão holística do processo, permitindo que a equipe identifique oportunidades de melhoria, reduza desperdícios, otimize fluxos de trabalho e crie valor para o cliente. É uma ferramenta poderosa para impulsionar a melhoria contínua e a eficiência operacional dentro de uma organização.

2.9.2 5S

O 5S é uma metodologia de organização e arrumação do local de trabalho que visa melhorar a eficiência, a produtividade, a segurança e o bem-estar dos colaboradores. O nome 5S é derivado de cinco palavras japonesas que representam cada uma das etapas do processo: *Seiri* (classificação), *Seiton* (ordem), *Seiso* (limpeza), *Seiketsu* (padronização) e *Shitsuke* (disciplina).

A utilização prática do 5S envolve as seguintes etapas:

- **Seiri** (classificação): Consiste em identificar, separar e remover do local de trabalho todos os itens desnecessários. Os objetos que não são usados com frequência ou que não possuem valor devem ser descartados, deixando apenas o essencial para a execução das tarefas.
- **Seiton** (ordem): Nesta etapa, os itens restantes devem ser organizados de maneira lógica e eficiente. Cada item deve ter um local designado e ser de fácil acesso. O objetivo é facilitar a localização rápida e reduzir o tempo gasto procurando por ferramentas, materiais ou documentos.
- **Seiso** (limpeza): É o processo de limpar regularmente o local de trabalho, removendo sujeira, poeira e resíduos. A limpeza não é apenas para fins estéticos, mas também para garantir um ambiente seguro, evitar acidentes e identificar possíveis problemas
- **Seiketsu** (padronização): Nesta etapa, são estabelecidos padrões e diretrizes para manter as práticas dos três primeiros "S" (classificação, ordem e limpeza). Isso envolve a criação de *check-list*, instruções de trabalho e procedimentos para garantir que as práticas sejam seguidas e mantidas a longo prazo.
- **Shitsuke** (disciplina): A última etapa envolve a disciplina e o compromisso de todos os membros da equipe para manter os padrões estabelecidos. É necessário criar uma cultura de autodisciplina e responsabilidade, onde todos se sintam responsáveis por manter a organização, a limpeza e as melhores práticas.

A utilização prática do 5S resulta em diversos benefícios, como a redução de desperdícios, a melhoria da produtividade, a eliminação de riscos à segurança, a melhoria do moral e do ambiente de trabalho, além de facilitar a identificação rápida de problemas e melhorias necessárias.

O 5S é uma ferramenta fundamental no Lean Manufacturing, pois estabelece uma base sólida para a melhoria contínua e a criação de um ambiente de trabalho eficiente e organizado. Ao implementar e manter as práticas do 5S, as organizações podem melhorar a qualidade, reduzir custos e aumentar a satisfação dos colaboradores e clientes, HIRANO (1995) e LIKER (2005).

2.9.2 Kaizen

O *Kaizen* é um termo japonês que significa "melhoria contínua". É uma filosofia e uma abordagem de gestão que envolve todos os membros de uma organização na identificação e implementação de melhorias incrementais nos processos, produtos e serviços.

O *Kaizen* valoriza a ideia de que pequenas melhorias constantes podem levar a grandes mudanças ao longo do tempo. Ele se baseia em um ciclo de melhoria contínua conhecido como PDCA (*Plan, Do, Check, Act* - Planejar, Fazer, Verificar, Agir), onde as melhorias são planejadas, implementadas, monitoradas e ajustadas de forma iterativa.

A utilização prática do *Kaizen* envolve os seguintes princípios e atividades:

Envolvimento de todos: O *Kaizen* promove a participação ativa de todos os membros da organização, desde os colaboradores da linha de frente até os gestores. A ideia é que todos tenham a oportunidade de contribuir com ideias e sugestões de melhoria.

Identificação de problemas: O primeiro passo é identificar os problemas e as áreas de melhoria dentro da organização. Isso pode ser feito por meio de observação, coleta de dados, análise de indicadores de desempenho e feedback dos clientes e colaboradores.

Geração de ideias: A partir da identificação dos problemas, as equipes são incentivadas a gerar ideias e soluções para resolver esses problemas. Essas ideias podem surgir por meio de sessões de brainstorming, análise de dados, benchmarking ou outras técnicas de geração de ideias.

Implementação de melhorias: As ideias selecionadas são implementadas em pequena escala, geralmente por meio de testes pilotos. Isso permite que as melhorias sejam avaliadas e ajustadas conforme necessário antes da implementação em larga escala.

Monitoramento e análise: As melhorias implementadas são monitoradas e avaliadas quanto aos resultados obtidos. Isso envolve a coleta de dados, a análise de indicadores de desempenho e a comparação dos resultados com as metas estabelecidas.

Padronização e disseminação: As melhorias bem-sucedidas são padronizadas e documentadas para garantir sua consistência e replicação em outros processos ou áreas da organização. Além disso, as lições aprendidas são compartilhadas para disseminar o conhecimento e promover a aprendizagem organizacional.

A utilização prática do *Kaizen* promove uma cultura de melhoria contínua, onde todos os membros da organização são incentivados a buscar constantemente maneiras de melhorar. Isso leva a uma maior eficiência, qualidade, satisfação do cliente e engajamento dos colaboradores. O *Kaizen* é uma abordagem flexível e adaptável, que pode ser aplicada em todos os setores e níveis organizacionais, desde o chão de fábrica até a gestão estratégica (Pinto, 2009).

2.9.4 SMED – Troca rápida de Ferramentas

SMED (*Single Minute Exchange of Die*), também conhecido como Troca Rápida de Ferramentas, é uma metodologia desenvolvida por Shigeo Shingo (1985) e Pinto (2009), que visa reduzir o tempo necessário para a troca de ferramentas em máquinas e equipamentos. O objetivo é alcançar tempos de troca inferiores a 10 minutos, daí o termo "single minute".

A utilização prática do SMED envolve os seguintes passos:

- **Observação e análise:** A primeira etapa consiste em observar e analisar todo o processo de troca de ferramentas, identificando as etapas e atividades envolvidas. Isso inclui desde o momento em que a máquina está em produção até o momento em que está pronta para reiniciar a produção com a nova ferramenta.
- **Classificação das atividades:** As atividades identificadas são classificadas em duas categorias: aquelas que podem ser realizadas externamente à máquina (atividades externas) e aquelas que só podem ser realizadas quando a máquina está parada (atividades internas). Essa distinção é importante para identificar oportunidades de redução do tempo de troca.
- **Conversão de atividades:** O próximo passo é analisar cada atividade e buscar maneiras de convertê-las de internas para externas, ou seja, realizá-las

enquanto a máquina ainda está em produção. Isso pode envolver a pré-preparação de ferramentas e materiais, a padronização de tamanhos e ajustes, e a criação de dispositivos que facilitem a instalação e remoção de ferramentas.

- **Paralelização de atividades:** Outra estratégia é buscar formas de paralelizar as atividades, realizando-as simultaneamente em vez de sequencialmente. Isso pode ser feito, por exemplo, utilizando mais de uma pessoa para executar tarefas específicas ou preparando ferramentas e equipamentos de antemão para agilizar o processo.
- **Eliminação e simplificação:** Nesta etapa, são identificadas e eliminadas todas as atividades desnecessárias e simplificadas aquelas que podem ser simplificadas. Isso envolve a revisão de processos, a eliminação de ajustes excessivos, a redução de peças e componentes desnecessários, e a busca por soluções mais eficientes e simplificadas.

A utilização prática do SMED resulta em tempos de troca de ferramentas significativamente reduzidos, o que permite aumentar a disponibilidade das máquinas, diminuir os tempos de parada e aumentar a flexibilidade na produção. Além disso, a aplicação do SMED contribui para a redução de custos, eliminação de desperdícios, aumento da produtividade e melhoria da qualidade dos produtos.

O SMED é amplamente utilizado na indústria, especialmente em ambientes de produção que envolvem trocas frequentes de ferramentas, como setores automotivos, de embalagens e de manufatura em geral. Essa metodologia é uma importante ferramenta do Lean Manufacturing, pois permite reduzir os tempos de setup, aumentar a eficiência operacional e buscar a eliminação de desperdícios ao longo do processo produtivo.

2.9.5 Sistemas *Poka Yoke*

O *Poka Yoke* é uma técnica utilizada no *Lean Manufacturing* para evitar erros humanos e garantir a qualidade dos processos. O termo "*Poka Yoke*" vem do japonês e pode ser traduzido como "à prova de erros" ou "prevenção de erros" Shingo (1986).

A ideia é criar dispositivos, mecanismos ou sistemas que impeçam ou sinalizem a ocorrência de erros antes que eles causem defeitos ou problemas nos produtos.

A utilização prática do *Poka Yoke* envolve os seguintes princípios e estratégias:

- **Deteção de erros:** O *Poka Yoke* busca identificar e detectar erros ou desvios no processo o mais cedo possível. Isso pode ser feito por meio de inspeções visuais, sensores, alarmes, sinalizações ou até mesmo dispositivos físicos que impeçam a execução errônea de uma etapa ou atividade.
- **Prevenção de erros:** Além de detectar erros, o *Poka Yoke* também visa prevenir sua ocorrência. Isso pode ser alcançado por meio de mecanismos de guia, projetos ergonômicos, padronização de processos, simplificação de etapas, utilização de cores ou formas específicas, entre outras técnicas.
- **Simplicidade e praticidade:** Os dispositivos e mecanismos de *Poka Yoke* devem ser simples, práticos e de fácil utilização. Eles devem ser projetados de forma intuitiva, para que qualquer operador ou colaborador possa entender e utilizar corretamente.
- **Participação dos colaboradores:** A utilização efetiva do *Poka Yoke* envolve a participação ativa dos colaboradores. Eles devem ser incentivados a sugerir melhorias e identificar oportunidades de implementação de dispositivos à prova de erros. A cultura de participação e envolvimento dos funcionários é fundamental para o sucesso do *Poka Yoke*.
- **Continuidade da melhoria:** O *Poka Yoke* é uma abordagem contínua de melhoria, onde os dispositivos e mecanismos são constantemente revisados e aprimorados. À medida que novos erros são identificados ou novas oportunidades de prevenção surgem, os dispositivos de *Poka Yoke* são atualizados ou novos dispositivos são criados.

A utilização prática do *Poka Yoke* resulta em diversos benefícios, como a redução de defeitos, eliminação de retrabalho, aumento da qualidade dos produtos, aumento da produtividade, redução de custos e melhoria da segurança no trabalho. Além disso, o *Poka Yoke* promove uma cultura de prevenção de erros e responsabilidade compartilhada pela qualidade dos processos e produtos.

O *Poka Yoke* pode ser aplicado em diferentes setores e processos, desde a linha de produção até serviços e atividades administrativas. Ele se encaixa perfeitamente na filosofia do Lean Manufacturing, pois busca eliminar desperdícios, garantir a qualidade e envolver todos os membros da equipe na busca pela melhoria contínua.

2.9.6 Trabalho Padronizado

De acordo com Liker e Meier (2007), o “*Standardized Works*”, ou Trabalho Padronizado, é uma prática do Lean Manufacturing que envolve a criação de procedimentos e instruções detalhadas para realizar uma tarefa ou atividade de forma consistente e eficiente. De acordo com Liker e Meier (2007) o trabalho padronizado surge na Toyota através da adoção do *Training Industry Program (TWI2)*, tendo ido Taiichi Ohno e os seus seguidores mais longe ao implementar um fluxo contínuo procurando reduzir os desperdícios das operações. O objetivo é estabelecer um padrão de trabalho que maximize a qualidade, a produtividade e a segurança.

A utilização prática do Trabalho Padronizado envolve os seguintes elementos:

- **Sequência de trabalho:** Define a ordem precisa em que as etapas de uma tarefa devem ser executadas. Isso inclui desde a preparação dos materiais e ferramentas até a conclusão da atividade.
- **Takt Time:** É o ritmo necessário para realizar a tarefa de acordo com a demanda do cliente. O *Takt Time* orienta a definição do tempo disponível para cada etapa do trabalho, garantindo a eficiência e evitando excessos ou atrasos.
- **Tempos padrão:** Define o tempo necessário para a execução de cada etapa do trabalho, levando em consideração a habilidade e experiência dos colaboradores. Esses tempos são estabelecidos por meio de observações e estudos de tempos e movimentos.
- **Layout adequado:** O layout do local de trabalho deve ser organizado de forma a permitir uma fluidez adequada das atividades, minimizando movimentos desnecessários e facilitando o acesso aos materiais e ferramentas necessários.

- **Padrões visuais:** O Trabalho Padronizado utiliza marcadores visuais, como instruções escritas, imagens ou diagramas, para fornecer orientações claras aos colaboradores sobre como realizar cada etapa do trabalho.

A utilização do Trabalho Padronizado traz uma série de benefícios, como:

- **Consistência:** Garante que a mesma tarefa seja realizada da mesma forma em diferentes momentos, eliminando variações e inconsistências que possam levar a erros ou defeitos.
- **Eficiência:** Ao estabelecer tempos padrão e sequências de trabalho otimizadas, o Trabalho Padronizado permite o uso eficiente do tempo e dos recursos disponíveis.
- **Qualidade:** Ao definir padrões claros e específicos, o Trabalho Padronizado facilita a identificação e a correção de problemas, além de promover a qualidade do produto ou serviço final.
- **Melhoria contínua:** O Trabalho Padronizado fornece uma base sólida para a identificação de oportunidades de melhoria, pois permite que os colaboradores e equipes busquem constantemente formas de aprimorar o trabalho padronizado existente.

O Trabalho Padronizado é uma ferramenta fundamental para promover a estabilidade, a eficiência e a qualidade nos processos de trabalho. Ele cria uma base sólida para a implementação de outras práticas Lean e a busca contínua pela excelência operacional.

2.10 Métricas Lean

As métricas *Lean* são indicadores-chave de desempenho (KPI's) utilizados para medir a eficiência, a produtividade e a qualidade dos processos em uma organização que adota a filosofia *Lean Manufacturing*. Essas métricas são fundamentais para monitorar o progresso, identificar oportunidades de melhoria e tomar decisões baseadas em dados.

A utilização prática das métricas *Lean* envolve uma variedade de indicadores que abrangem diferentes aspectos dos processos de uma empresa. A seguir, descreverei algumas das principais métricas *Lean* e sua utilização prática:

Tempo de ciclo: Mede o tempo necessário para completar um ciclo de produção, desde o início até a entrega do produto ao cliente. Essa métrica é essencial para identificar gargalos e atrasos no processo e buscar formas de reduzir o tempo de ciclo.

Tempo de setup: Mede o tempo necessário para realizar a troca de ferramentas, preparação e ajustes entre diferentes produções. O objetivo é reduzir o tempo de setup para permitir trocas mais rápidas e eficientes.

Taxa de retrabalho: Mede a quantidade de produtos ou processos que precisam ser retrabalhados ou corrigidos devido a defeitos ou erros. Uma baixa taxa de retrabalho indica uma maior qualidade e eficiência nos processos.

Taxa de defeitos: Mede a porcentagem de produtos defeituosos em relação ao total produzido. Essa métrica permite avaliar a qualidade dos produtos e identificar áreas problemáticas que requerem atenção e ação corretiva.

OEE (*Overall Equipment Effectiveness*): Mede a eficiência global dos equipamentos de produção. O OEE considera a disponibilidade dos equipamentos, a taxa de desempenho e a qualidade dos produtos para determinar a eficiência geral da operação.

Lead time: Mede o tempo total necessário para atender um pedido do cliente, desde o recebimento até a entrega final. Essa métrica ajuda a avaliar a velocidade e a agilidade do processo, identificando oportunidades de redução de lead time.

Nível de estoque: Mede a quantidade de produtos em estoque em relação à demanda. O objetivo é manter um nível de estoque adequado para evitar excessos ou falta de produtos, garantindo uma operação eficiente.

Essas são apenas algumas das métricas *Lean* comumente utilizadas, e cada organização pode adaptar e desenvolver suas próprias métricas de acordo com suas necessidades e objetivos específicos. A utilização prática das métricas *Lean* envolve coletar, analisar e interpretar os dados, utilizando-os para identificar oportunidades de

melhoria, tomar decisões informadas e monitorar o progresso em direção a metas e objetivos estabelecidos.

É importante ressaltar que a escolha das métricas adequadas deve estar alinhada com os objetivos estratégicos da empresa e ser acompanhada de ações corretivas e de melhoria contínua. As métricas *Lean* fornecem uma visão objetiva do desempenho dos processos e orientam a tomada de decisões baseada em dados, contribuindo para a eficiência, a qualidade e a excelência operacional.

3. MODELO DE IMPLEMENTAÇÃO

3.1 Apresentação

O processamento em fluxo contínuo significa, no seu estado ideal, que o produto é processado e movido diretamente de uma etapa de processamento para a seguinte, numa sequência lógica e natural, peça a peça. Cada etapa de processamento deve ser equilibrada com um tempo de ciclo praticamente igual. Portanto, quando uma estação de trabalho termina a parte de processamento, a estação de trabalho anterior e a seguinte também terminam as suas, de modo que, ao mesmo tempo, o trabalho em andamento (*WIP*) é puxado do fluxo descendente para o ascendente.

As diferentes etapas de processamento para fabricar um produto são organizadas num sistema de trabalho. Um sistema de trabalho é um arranjo de pessoas, máquinas, materiais e métodos para fabricar um produto de acordo com o trabalho padrão num ambiente produtivo. As etapas de processamento são colocadas lado a lado em ordem sequencial, através das quais as peças são processadas num fluxo contínuo, utilizando um tamanho de lote pequeno - idealmente de um. Um sistema de trabalho tem como objetivo produzir um conjunto comum de produtos de maneira eficiente, flexível e previsível. Portanto, a confiabilidade dos equipamentos (*OEE* e *TPM*), materiais *just-in-time* devido ao princípio de puxada (*Supermercado / Kanban*), tempos de troca curtos (*SMED*) e qualidade incorporada (*Six Sigma*, dispositivos à prova de erros / *Poka Yoke*) são essenciais para o desempenho e resultado do sistema de trabalho.

Embora o processo de fabricação de um produto consista em várias operações dentro do sistema de trabalho, certas operações agregam valor ao produto e outras são não agregadoras de valor ou incidentais. Essa conexão é mostrada na Figura 6.

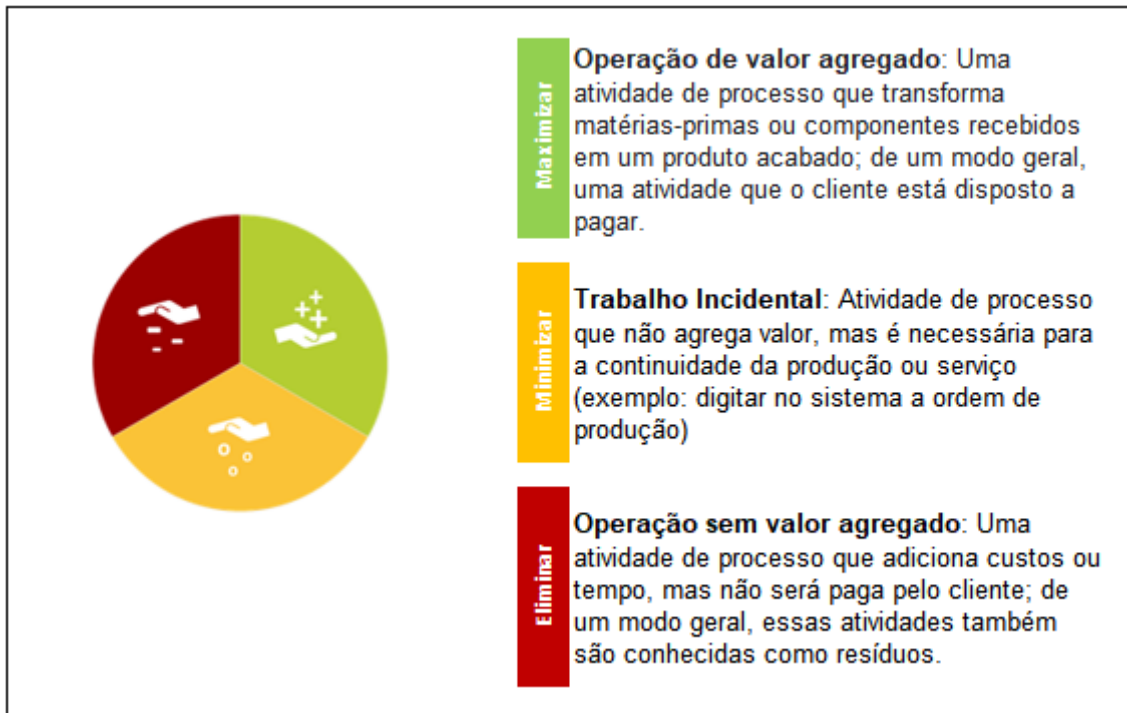


Figura 6: Divisão do trabalho e operação

3.2 Objetivo e Motivação de fazer o Balanceamento

A fabricação eficiente busca alcançar um fluxo contínuo, desperdício mínimo e uma alta proporção de processos que agregam valor.

O fluxo contínuo visa:

- **Eficiência operacional:** evitar desperdícios (atividades que não agregam valor) ajuda a reduzir os recursos necessários para atender a uma determinada demanda, aumentar a produção normalizada e impulsionar a eficiência do trabalho. Os recursos representam custos, portanto, quando são necessários recursos mínimos, os custos também são reduzidos.
- **Flexibilidade e velocidade:** um tempo de entrega reduzido permite uma resposta mais rápida às demandas dos clientes e um ciclo de conversão de dinheiro mais curto, do "pedido de compra" à "cobrança das faturas".
- **Transparência:** problemas como defeitos de qualidade se tornam rapidamente aparentes em vez de permanecerem ocultos (quando há muito inventário na linha).

Problemas com equipamentos também são identificados rapidamente e incentivam as equipes a encontrarem soluções em vez de simplesmente adiar ações corretivas ou fazer ajustes superficiais.

• **Desempenho:** incentiva a comunicação entre as operações, observa-se também um "auto equilíbrio" natural comumente (por exemplo, operadores experientes ajudando os novatos) e fortalece a relação "cliente-fornecedor".

3.3 Metodologia e Terminologia

Dentro da produção, uma variedade de operações é realizada em várias estações, com diferentes métodos de trabalho, para fabricar os produtos das empresas. O conteúdo de trabalho nas estações varia de acordo com o produto específico e os processos envolvidos. As operações de montagem consistem em várias ações individuais realizadas pelo operador. A "Descrição do Trabalho" e a "Tabela de Combinação de Trabalho Padronizado" (SWCT) ajudarão a identificar esses "blocos de construção" ou elementos de trabalho. A separação e o conhecimento sobre os elementos de trabalho são necessários para redistribuir o método de trabalho, a fim de obter uma melhoria na produtividade. Portanto, a consideração dos elementos de trabalho é essencial para determinar metas e aprimorar ainda mais o processo de fabricação.

Para um significado prático, um elemento de trabalho é uma atividade de processo, seja realizada por um ser humano ou por uma máquina, que não pode ser dividida ainda mais. Com base nessa definição, podemos listar alguns dos elementos de trabalho geralmente encontrados nas linhas de montagem:

- Agarrar uma carcaça e colocá-la em uma gabaritação
- Aplicar graxa na carcaça
- Montar um botão
- Iniciar ciclo a laser
- Iniciar teste final
- ...

Uma vez que os elementos de tempo, Figura 7 diferem nas operações, a duração dos elementos de trabalho também difere. Antes de considerar ainda mais o consumo de tempo e a determinação dos tempos alvo dos elementos de trabalho, estações e sistemas de trabalho, definições são obrigatórias.

Termo	Descrição	Ilustração
Tempo de Ciclo	O tempo normalizado - incluindo avaliação da taxa de desempenho e tempo permitido - necessário para realizar um elemento de trabalho específico ou várias etapas de trabalho	
Tempo de Ciclo Bruto	O tempo medido para conduzir um elemento de trabalho específico ou várias etapas de trabalho sem considerar a taxa de desempenho ou os tempos permitidos	
Takt Time do Cliente	Frequência com que o cliente pede os produtos com base na demanda e capacidade	
Takt time do Sistema	Frequência interna na qual o sistema de trabalho produz produtos. O takt time do cliente e o takt time do sistema devem estar alinhados, enquanto o takt time do sistema deve estar abaixo do cliente	

Figura 7: Elementos do tempo

3.4 Estudos de tempo para sistemas existentes

O estudo de tempos de acordo com o padrão REFA (*Reichsausschuss fuer Arbeitszeitermittlung*), representa um método amplamente aceito para determinar os tempos de ciclo e os tempos *takt*. Portanto, um sistema existente é observado, onde todas as características especiais das estações individuais e dos processos podem ser consideradas, tornando-o o método mais adequado para aplicar na produção. Portanto, os seguintes passos são realizados:

- a) **Usando um cronómetro:** medir o tempo de ciclo bruto por estação de trabalho por unidade produzida. Tire o número necessário de ciclos para cada estação, levando em consideração a variação. Esse contexto é mostrado na Figura 8, em que menos variação requer menos medições e vice-versa.

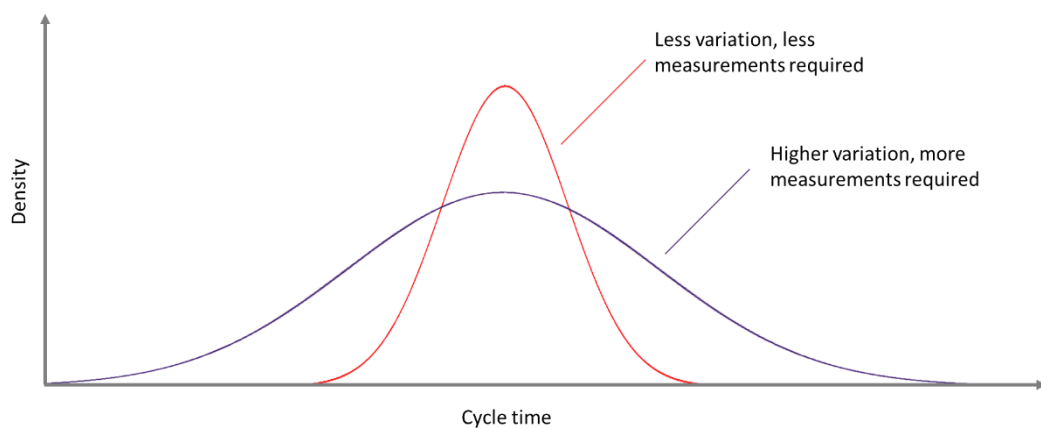


Figura 8: Medida e variação do ciclo de tempo (Fonte: REFA)

Normalmente, para a montagem final: estudos curtos, tamanho da amostra = 15; estudos completos, tamanho da amostra ≥ 20 . Durante o estudo de tempos, o conteúdo de trabalho descrito no trabalho padrão descrito na Descrição do Trabalho deve ser considerado. Os elementos de trabalho devem ser medidos separadamente, a fim de melhorar a precisão da medição e fornece mais flexibilidade para otimização.

- b) **Avaliação de Desempenho:** como o tempo de ciclo depende do desempenho do operador, ele deve ser considerado para determinar o tempo de ciclo real. Portanto, o desempenho é avaliado durante o estudo de tempos, sendo que 100% representam o desempenho padrão, valores $>100\%$ representam um bom desempenho e valores $<100\%$ representam um baixo desempenho. Por

um lado, a avaliação de desempenho deve incluir a precisão do operador, que está relacionada a um fluxo de trabalho estável, bem controlado e suave. Por outro lado, a velocidade do operador também deve ser incluída na avaliação de desempenho. A Tabela 1 fornece orientações para a avaliação de desempenho.

Tabela 1: Avaliação de desempenho

70%	Baixo desempenho com eficácia e velocidade evidentemente reduzidas
80%	Baixo desempenho com fluxo de trabalho interrompido e baixa velocidade
90%	Desempenho reduzido, perdas menores de eficácia e menor velocidade
100%	Desempenho, eficácia e velocidade médios
110%	Bom desempenho com eficácia e velocidade acima da média
120%	Desempenho muito bom com movimentos fluentes e rápidos
130%	Excelente desempenho representando o limite de desempenho humano

- c) **Anormalidades:** exclua as anormalidades das suas medições de tempo de ciclo, mas também observe para descobrir posteriormente se essa anormalidade realmente ocorre eventualmente ou se é um problema crônico que deve ser resolvido (atividades de reparo, super inspeção, espera excessiva, busca por um determinado material etc.).
- d) **Calcular o tempo de ciclo:** Resultante do estudo de tempos, avaliação de desempenho e eliminação de anormalidades, o tempo de ciclo pode ser calculado. Além disso, os tempos de tolerância de acordo com os padrões locais devem ser considerados. Os tempos de ciclo podem ser calculados de acordo com a seguinte fórmula.

(1)

$$\text{Tempo de ciclo [s]}^* = \frac{\text{Tempo de ciclo bruto}}{\text{Taxa de desempenho}} * (1 + \text{Taxa de Tolerância})$$

Para o tempo líquido disponível, siga as regras para o cálculo da Eficiência Global dos Equipamentos (*Overall Equipment Effectiveness* - OEE).

Embora o processo descrito faça referência a uma única estação, a metodologia se aplica aos sistemas de trabalho como um todo, em que o tempo *takt* do sistema é igual ao tempo de ciclo mais longo das estações incluídas.

(2)

$$\text{Sistema takt time [s]}^* = \max(\text{Tempo de Ciclo}(n))$$

3.5 Sistema de Tempos Predeterminados para Novos Sistemas (MTM)

Para novos sistemas de trabalho, a quantidade de operadores e estações precisa ser definida com base na decisão sobre o grau de automação. Portanto, o número de operadores precisa ser estimado para projetar um primeiro conceito. Depois de identificar todas as atividades manuais para produzir uma única unidade, podemos somá-las para obter o trabalho manual total.

(3)

$$\# \text{ Operadores} = \frac{\sum \text{Trabalho Manual [s]}}{\text{Takt time Cliente [s]}}$$

Uma vez que o sistema de trabalho ainda não existe, a quantidade total de trabalho manual necessária para produzir o produto correspondente é desconhecida e não pode ser obtida pelos estudos de tempos descritos anteriormente. Em vez disso, métodos de tempos predeterminados, como o MTM (*Methods Time Measurement*), podem ser aplicados para obter essas informações. Em princípio, as cinco operações básicas "Alcance", "Agarrar", "Mover", "Posicionar" e "Soltar", como mostrado na Figura 9, são consideradas como blocos de construção na metodologia MTM, a partir

dos quais todas as atividades são compostas. Enquanto essa metodologia, seguindo o padrão MTM-1, representa uma análise detalhada das operações, outros padrões como o MTM-UAS podem ser aplicados com esforço reduzido e precisão suficiente para esses fins.

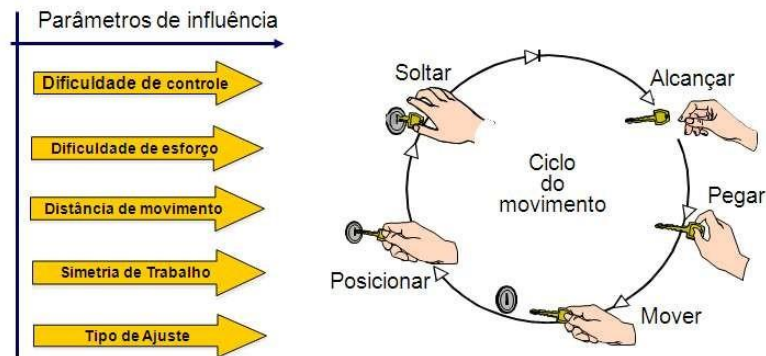


Figura 9: Metodologia MTM (Fonte: Lean Institute, 2005)

É importante mencionar que se você aplicar essa fórmula antes de eliminar o desperdício do sistema de trabalho, calculará o número de operadores necessários para produzir peças no ritmo de tempo de *takt* do cliente, mas incluindo atividades que não agregam valor. No entanto, essa fórmula ainda lhe dará uma ideia de quantos operadores devem estar no sistema de trabalho. Isso também pode ser aplicado a sistemas de trabalho existentes, uma vez que reflete uma consideração semelhante à eficiência do trabalho. Se o resultado for menor do que o número atual de operadores, você pode definir isso como meta para buscar a melhoria, reduzindo o número de funcionários.

Se o resultado for um número não inteiro, você pode usar a Tabela 2, conforme o livro "Criando Fluxo Contínuo" de *Mike Rother e Rick Harris*.

Tabela 2: Definição do número de operadores

Resultados	Objetivos
< 0.3	Não adicione um operador extra e, em vez disso, reduza ainda mais o desperdício, as operações que não agregam valor e o trabalho incidental
0.3 – 0.5	Não adicione um operador extra ainda. Após duas semanas de operação da célula e Kaizen, avalie cuidadosamente se o desperdício e o trabalho incidental podem ser eliminados
> 0.5	Adicione um operador extra e continue reduzindo o desperdício e o trabalho incidental para eventualmente eliminar a necessidade desse operador na célula

Na Tabela 3 é apresentado um comparativo entre os principais métodos de apuração de tempos apresentado por MTM (2005), que enfatiza o fato de que apenas os sistemas de tempos pré-determinados são padrões de tempo reconhecidos internacionalmente, além de ressaltar que são métodos de descrição reprodutíveis, e permitem um relacionamento inequívoco entre métodos e tempos bem como o planejamento antecipado de métodos e tempos. Na Tabela 4 é apresentado uma comparação entre o uso do MTM e a Cronoanálise, destacando suas vantagens e desvantagem entre os modelos.

Tabela 3: Metodologia de análise de dados (MTM 2005)





























Métodos para Apuração de Dados	Métodos de Descrição Reprodutíveis	Relacionamento inequívoco entre métodos e tempos	Planejamento antecipado de métodos e tempos	Padrões de tempo reconhecidos internacionalmente
Levantamento de tempos				
Multi-momento				
Apontamento próprio				
Comparar / Estimar				
Gravação em vídeo				
Sistemas de tempos pré-determinados				
Tempos planejados				

Tabela 4: Comparativo de MTM e Cronoanálise Fonte: Fonseca (2006)

	Vantagens	Desvantagens
MTM	Balanceamento sempre disponível e simples de fazer.	Grande esforço inicial para alimentar a base de dados (operações, códigos).
	Processos armazenados em base de dados estruturada.	Necessidade de treinamento na metodologia MTM.
	Melhor detalhe técnico para justificar a necessidade de mão-de-obra.	Necessidade de avaliação detalhada do processo (micro-atividades).
	Melhor detalhe técnico para justificar investimentos na linha.	Necessário interesse da produção em utilizar o sistema.
	Produção consegue avaliar com clareza a distribuição de mão-de-obra na linha.	
	Elaboração de estudos de linhas de montagem com maior precisão.	
	Melhor acerto entre planejamento e produção para implementar melhorias na linha.	
	Possibilidade de interface com softwares utilizados pelas empresas.	

Cronoanálise	Permite otimizações rápidas e diretas na linha de montagem.	Não utiliza operações e tempos-padrão, dificultando a elaboração de novos estudos da linha.
	Definição de tempos mais rápida para processos existentes na linha	Definição de tempos com possibilidade de variação a cada cronometragem.
	Confiabilidade do método.	Necessidade de diversas cronometragens para definir um bom tempo médio.
	Simple de se aplicar.	Base de dados não estruturada para tempos cronometrados.

3.5.1 A Tabela de tempos padrões MTM

A Figura 10 é a “*MTM Data Card 101 A*”, edição de 1955, da USA. & Canadá *MTM Association*”. As tabelas Nacionais reconhecidas pelo conselho Diretor Internacional de *MTM* estão baseadas na tabela original. Desta maneira fica assegurada internacionalmente a unificação dos dados. As dimensões em polegadas foram simplesmente convertidas para os sistemas métricos

Além da tabela de movimentos da mão e dos dedos, das funções visuais e das movimentações do corpo, na tabela de Tempos Padrões MTM da Associação MTM alemã está incluída uma tabela de conversão de tempos, além de uma outra da qual se pode deduzir os movimentos que podem ser executados pelas duas mãos simultaneamente.

No Método MTM os valores dos tempos dos movimentos básicos são especificados com unidade de tempo.:1/100. 000 hora= 1TMU

TMU é a abreviação de *Time Measurement Unit*, que tem por tradução “Unidade de Medição de Tempo”.

Alcançar - R - (Reach)							
Dist. em cm	R-Tempo normal em TMU					Valor m por B	Descrição dos Casos
	R-A	R-B	R-C	R-D	R-E		
Axe 2	2,0	2,0	2,0	2,0	1,6	1,6	0,4
4	3,4	3,4	5,1	3,2	3,0	2,4	1,0
6	4,5	4,5	6,6	4,4	3,9	3,1	1,4
8	5,5	5,5	7,5	5,5	4,6	3,7	1,8
10	6,1	6,3	8,4	6,8	4,9	4,3	2,0
12	6,4	7,4	9,1	7,3	5,2	4,8	2,6
14	6,8	8,2	9,7	7,8	5,5	5,4	2,8
16	7,1	8,8	10,3	8,2	5,8	5,9	2,9
18	7,5	9,4	10,8	8,7	6,1	6,5	2,9
20	7,8	10,0	11,4	9,2	6,5	7,1	2,9
22	8,1	10,5	11,9	9,7	6,8	7,7	2,8
24	8,5	11,1	12,5	10,2	7,1	8,2	2,9
26	8,8	11,7	13,0	10,7	7,4	8,8	2,9
28	9,2	12,2	13,6	11,2	7,7	9,4	2,8
30	9,5	12,8	14,1	11,7	8,0	9,9	2,9
35	10,4	14,2	15,5	12,9	8,8	11,4	2,8
40	11,3	15,6	16,9	14,1	9,5	12,9	2,8
45	12,1	17,0	18,2	15,3	10,4	14,2	2,8
50	13,0	18,4	19,6	16,5	11,2	15,7	2,7
55	13,9	19,8	20,9	17,8	12,0	17,1	2,7
60	14,7	21,2	22,3	19,0	12,8	18,5	2,7
65	15,6	22,6	23,6	20,2	13,5	19,9	2,7
70	16,5	24,1	25,0	21,4	14,3	21,4	2,7
75	17,3	25,5	26,4	22,6	15,1	22,8	2,7
80	18,2	26,9	27,7	23,9	15,9	24,2	2,7

Mover - M - (Move)									
Dist. em cm	M-Tempo normal em TMU					Com esforço			Descrição dos Casos
	M-A	M-B	M-C	M-D	M-E	Peso até kg	Fator W	Constante SC	
Axe 2	2,0	2,0	2,0	1,7	0,3	1	1,00	0,0	A Objeto levado para a outra mão ou contra um encosto.
4	3,1	4,0	4,5	2,8	1,2	2	1,04	1,8	
6	4,1	5,0	5,8	3,1	1,9	4	1,07	2,8	B Objeto levado a uma posição aproximada ou definida.
8	5,1	5,9	6,9	3,7	2,2	6	1,12	4,3	
10	6,0	6,8	7,9	4,3	2,6	8	1,17	5,8	C Objeto levado a uma posição definida.
12	6,9	7,7	8,8	4,9	2,8	10	1,22	7,3	
14	7,7	8,5	9,8	5,4	3,1	12	1,27	8,8	C Objeto levado a uma posição definida.
16	8,3	9,2	10,5	6,0	3,2	14	1,32	10,4	
18	9,0	9,8	11,1	6,5	3,3	16	1,36	11,9	C Objeto levado a uma posição definida.
20	9,6	10,5	11,7	7,1	3,4	18	1,41	13,4	
22	10,2	11,2	12,4	7,6	3,6	20	1,46	14,9	C Objeto levado a uma posição definida.
24	10,8	11,8	13,0	8,2	3,6	22	1,51	16,4	
26	11,5	12,3	13,7	8,7	3,6				
28	12,1	12,8	14,4	9,3	3,5				
30	12,7	13,3	15,1	9,8	3,5				
35	14,3	14,5	16,8	11,2	3,3				
40	15,8	15,6	18,5	12,6	3,0				
45	17,4	16,8	20,1	14,0	2,8				
50	19,0	18,0	21,8	15,4	2,6				
55	20,5	19,2	23,5	16,8	2,4				
60	22,1	20,4	25,2	18,2	2,2				
65	23,6	21,6	26,9	19,5	2,1				
70	25,2	22,8	28,6	20,9	1,9				
75	26,7	24,0	30,3	22,3	1,7				
80	28,3	25,2	32,0	23,7	1,5				

Pegar - G - (Grasp)		
Simb.	TMU	Descrição dos Casos
G1A	2,0	Pegar com facilidade um objeto solitário.
G1B	3,5	Pegar um objeto muito pequeno ou um objeto plano apoiado sobre uma superfície plana.
G1C1	7,3	> 12 mm Ø
G1C2	8,7	de 6 até 12 mm Ø
G1C3	10,8	< 6 mm Ø
G2	5,6	Repegar: Mudar o "pegar" num objeto sem perder o controle sobre ele.
G3	5,6	Transferir: Uma das mãos toma o controle de um objeto enquanto a outra solta.
G4A	7,3	> 25x25x25 mm
G4B	9,1	6x6x3 até 25x25x25 mm
G4C	12,9	< 6x6x3 mm
G5	0,0	Pegar por contato: Por simples contato sobre o objeto, ter o suficiente controle para executar o movimento básico seguinte.

Posicionar - P - (Position)			
Simb.	Ajuste	Descrição	Alinhar mm
P1	Solto	Nenhuma pressão necessária	± ± 6,0
			SS
			NS
P2	Justo	Leve pressão necessária	± ± 1,5
			SS
			NS
P3	Firme	Forte pressão necessária	± ± 0,4
			S
			NS

Premir - AP - (Apply Pressure)			
Simb.	TMU	Descrição	Componentes
APA	10,6	Sem repegar	AF+DM+RLF
APB	16,2	Com repegar	G2+APA

Separar - D - (Disengage)			
Simb.	Ajuste	Descrição	E
D1	Solto	Pequeno esforço - retrocesso mínimo	4,0
D2	Justo	Esforço médio - retrocesso leve até 10 cm	7,5
D3	Firme	Esforço grande - retrocesso forte mais que 10 cm	22,9

Soltar - RL - (Release)			
Simb.	TMU	Descrição	Simb.
RL1	2,0	Soltar por abertura dos dedos	RL2
			0,0

Figura 10: Tabela de Tempos Padrões Fonte: (MTM,2004)

Temos assim a equivalência de:

1000 TMU = 0,6 min = 36 segs.

3.5.2 Iniciando a aplicação do MTM

Segundo Sugai (2003), o processo de aplicação de MTM deve ser considerado como um processo de melhoria contínua e cita seis etapas para aplicação para um posto de trabalho e 4 etapas para a aplicação em uma empresa como um todo, que podem ser resumidas nas Figuras 11 e 12.

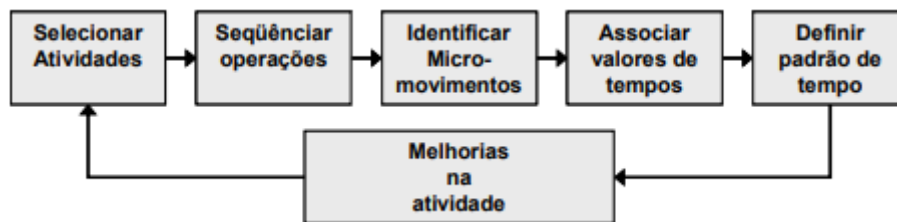


Figura 11: Processo de Melhoria Contínua na Aplicação de MTM em um posto de trabalho (Fonte: Sugai, 2003)



Figura 12: Processo de implantação de MTM em uma empresa (Fonte: Sugai, 2003)

Um item que poderia ser introduzido entre os itens 3 e 4 do processo de implantação sugerido, Sugai (2003) para a empresa como um todo é o item de estruturação dos dados. Após a realização do projeto piloto, do treinamento dos funcionários, e a aprovação do projeto, porém antes de se iniciar a aplicação da metodologia MTM para toda a empresa deve-se implantar uma estruturação dos dados de forma que a partir de módulos de tempo neutros sejam criados os módulos de tempo específicos para cada setor/tipo de atividade, buscando:

- (a) adequar o nível de método das análises;
- (b) evitar duplicidade e retrabalhos;

- (c) padronizar a implantação para toda a empresa;
- (d) agilizar as análises a serem desenvolvidas.

A Figura 13 mostra o princípio de estruturação dos dados sob a ótica do nível de métodos. Outra observação a ser feita é quanto ao treinamento dos operadores. Segundo Sugai (2003), cada treinamento costuma ser longo, porém o investimento se faz necessário para o sucesso da implantação. Sem funcionários internos bem treinados, dificilmente o MTM subsistirá no longo prazo. Em função da importância dos treinamentos sugere-se que estes sejam realizados após a aprovação do projeto, para que um aval da alta direção permita que estes sejam realizados de maneira apropriada.

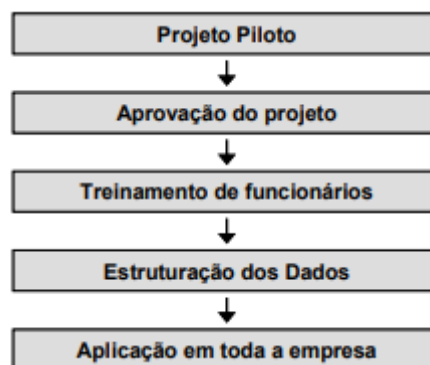


Figura 13: Implantação de MTM em uma empresa

3.6 Documentos e Normas Aplicadas

Na Figura 14 e na tabela 5 representam um padrão para inúmeras empresas e consideram tanto estações individuais com Descrição do Trabalho e Folha de Combinação quanto sistemas de trabalho completos com Folha de Combinação de Trabalho Padrão e Gráfico de Balanceamento.

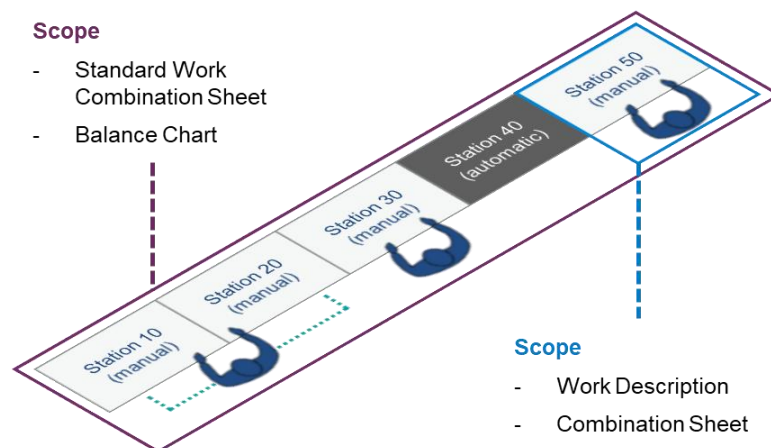


Figura 14: Distribuição de documentos

Tabela 5: Critério de avaliação de documentos

#	Sistema de Trabalho	Estação Individual
Descrição	Folha do Trabalho Padrão Descrever o processo geral de fabricação dentro de um sistema de trabalho, destacando a interação de processos e operadores	Descrição do Trabalho Descrever todas as operações necessárias em uma estação específica de acordo com o trabalho padrão que representa a melhor prática e o método mais eficiente de fabricação
	Gráfico de Balanceamento Resumindo os tempos de ciclo de processos individuais dentro de um sistema de trabalho para uma avaliação geral com foco especial em gargalos e cenários de reequilíbrio para uma otimização da eficiência e da produção	Diagrama de Combinação Análise detalhada do conteúdo de trabalho de uma estação ou operador com atenção especial para operações paralelas de processos manuais e automáticos, bem como a capacidade do processo de atender ao takt do cliente

3.7 Folha de Diagrama de Combinação

A Folha de Diagrama de Combinação constitui uma análise detalhada do processo com ênfase especial nos elementos de trabalho e no fluxo de trabalho correspondente. Portanto, todas as operações são consideradas devido à dependência dos processos manuais e automáticos e à sua execução paralela.

3.7.1 Folha de Diagrama de Processo de Combinação

Use a Folha de Diagrama de Combinação de acordo com as seguintes etapas:

- a) **Definir o âmbito:** onde pretende identificar desperdícios ou aumentar a produtividade; isto pode ser o mesmo âmbito definido ao utilizar um Mapeamento do Fluxo de Valor, devendo-se ter em conta o esforço necessário e o potencial esperado.
- b) **Takt do cliente:** calcular o *takt* do cliente, que corresponde ao ritmo de demanda do cliente e à meta do sistema de trabalho. Este cálculo é feito conhecendo o tempo líquido disponível para operação e a demanda máxima total do cliente. Para esse sistema de trabalho específico:

(4)

$$\text{Takt do Cliente [s]}^* = \frac{\text{Tempo total disponível}}{\text{Demanda máxima do cliente}}$$

Para o tempo líquido disponível, siga as regras para o cálculo da eficácia geral do equipamento.

No caso em que a demanda do cliente inclui várias variantes com tempos e quotas de ciclo diferentes, um *takt* ponderado do cliente deve ser considerado como um ponto de referência para o design e configuração dos processos internos.

- c) **Escala de tempo:** Escolha uma escala de tempo que se adeque a pelo menos dois tempos de *takt* do cliente, deixando um tempo adicional de 15% além do tempo de *takt* do cliente.
- d) **Condição de estrutura:** Desenhe o tempo de *takt* do cliente usando uma linha tracejada vertical na cor vermelha, desenhe-o duas vezes na sua Folha de Diagrama de Combinação.
- e) **Passos de trabalho:** Liste os elementos de trabalho do operador e da máquina na sequência lógica em que são executados e numere-os.
- f) **Tempos de ciclo:** Insira tempos de máquina, manuais ou de deslocação separadamente para cada elemento de trabalho.
- g) **Desenhar os passos de trabalho:** Desenhe cada etapa do processo horizontalmente no seu gráfico e utilize cores diferentes para as operações

manuais (azul), processos automáticos (cinza) e deslocações (preto). Continue a mapear todas as atividades até completar o ciclo total.

Importante: Tenha cuidado para observar quando as atividades são realizadas simultaneamente, de modo a desenhá-las a partir do mesmo ponto na escala de tempo; essas atividades não devem ser somadas aritmeticamente, pois são realizadas "ao mesmo tempo".

- h) **Ciclo de trabalho:** Desenhe pelo menos dois ciclos para verificar que o trabalho é um ciclo repetido.
- i) **Geração de KPI's:** A folha de formulário calculará automaticamente.

(5)

$$Taxa \left[\frac{unid}{h} \right] = \frac{3,600 \left[\frac{S}{h} \right]}{Tempo \text{ de ciclo da estação} \left[\frac{S}{unid} \right]}$$

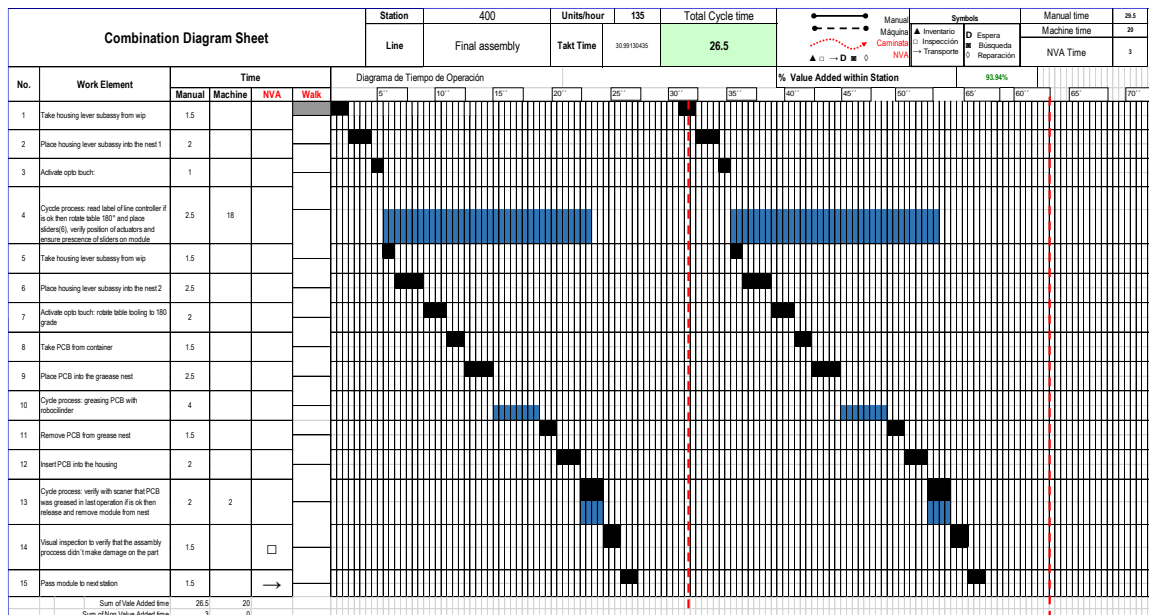


Figura 15: Folha de Diagrama de Combinação

Na Figura 15 os elementos de trabalho manual são representados em **preto**, as operações da máquina (automatizadas) são representadas em **azul**. A coluna de Sem Valor Agregado (NVA) é usada para mostrar a inspeção e transporte de resíduos.

- **Tempos de ciclo muito altos:** gargalo que excede o *takt* do cliente e, portanto, a demanda do cliente não é atendida. A capacidade de fornecimento insuficiente representa um problema crítico de sucesso para as empresas devido à satisfação do cliente.
- **Tempos de ciclo muito baixos:** tempos de ciclo muito abaixo do gargalo resultando em baixa carga de trabalho para os operadores e baixa eficiência. Portanto, representa um problema crítico de sucesso para as empresas, devido à enfraquecimento da competitividade.

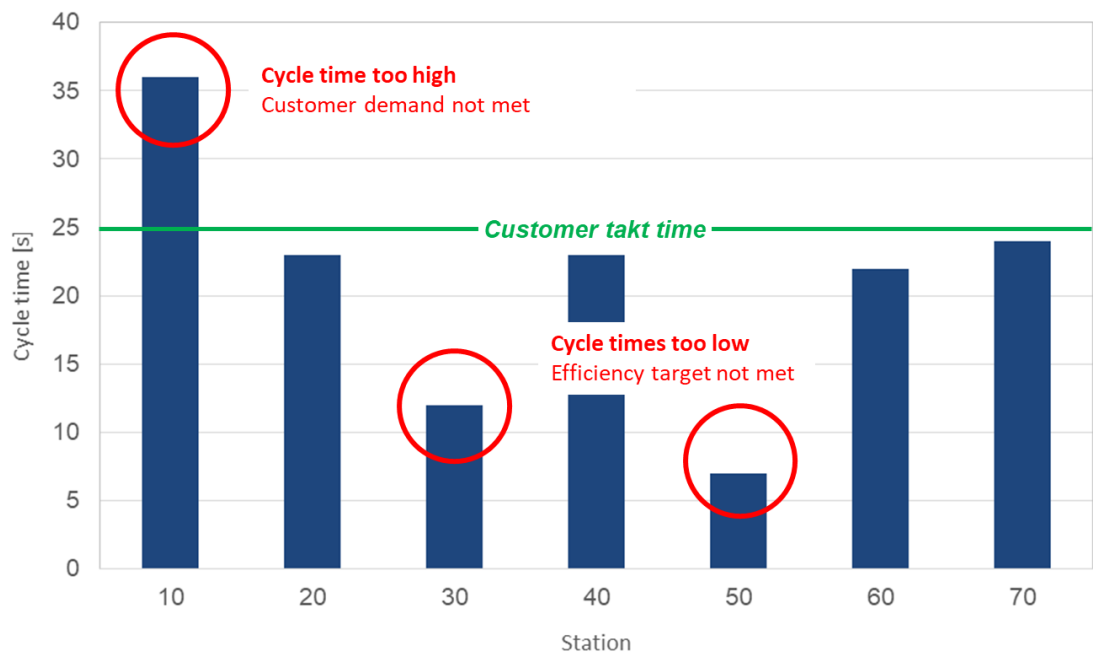
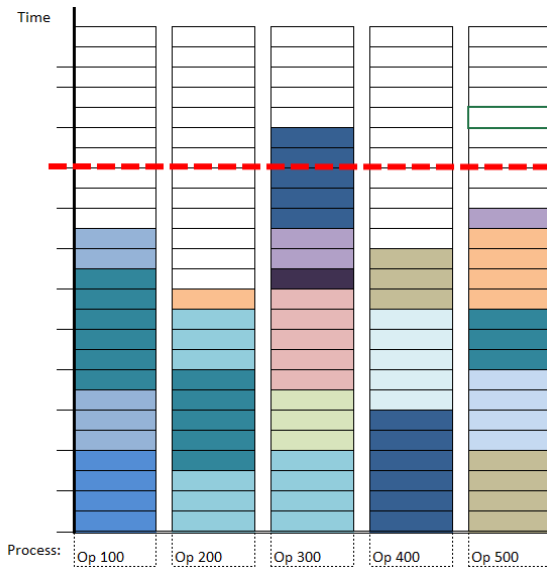


Figura 17: Identificando desperdícios, recursos subutilizados, melhorias de produtividade e processos incapazes.

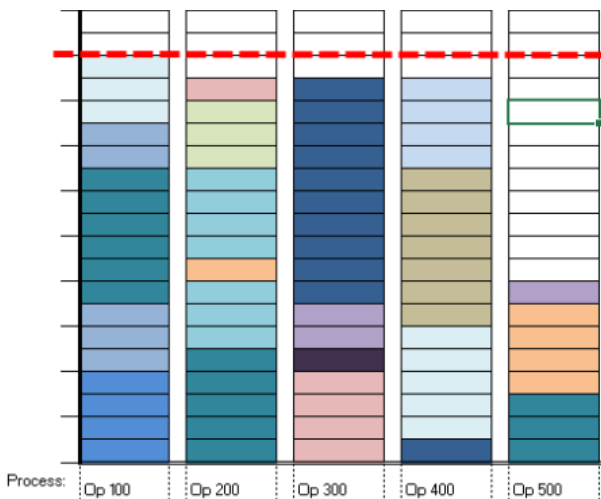
Para melhorar a eficiência e garantir a demanda do cliente, portanto, as seguintes ações devem ser consideradas em todas as estações dentro dos sistemas de trabalho que requerem atividade. Com isso, podemos identificar onde focar suas ideias e esforços de melhoria.

3.7.4 Foco em Equilíbrio e Eficiência



Os elementos de trabalho são os blocos de construção do balanceamento. Isso é quase literal. Se usarmos o tempo para cada elemento de trabalho para criar retângulos de tamanho proporcional (altura), então teremos tantos retângulos quantos elementos de trabalho. Para o estado atual, você colocará esses retângulos em sua posição atual (operador), para que possa ver qual operador está sobrecarregado e qual não está utilizando adequadamente o seu tempo.

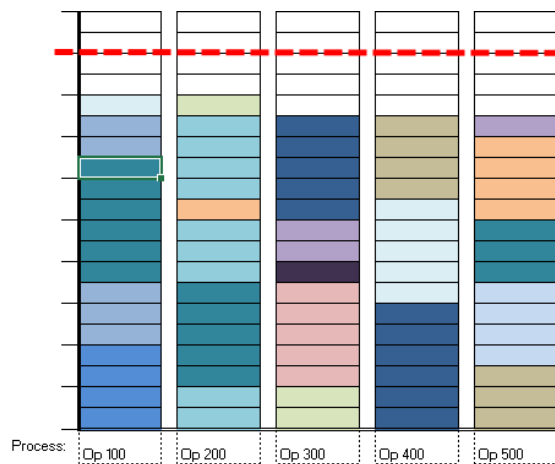
Exemplo de um Gráfico de Balanceamento do Operador mostrando os elementos de trabalho para cada operador; é fácil identificar gargalos, recursos subutilizados e propor propostas para uma distribuição de trabalho uniforme.



Opção A. Neste exemplo, o conteúdo de trabalho é distribuído de forma equitativa entre os operadores 1 a 4, mas o operador 5 ainda é necessário e está desperdiçando mais de 50% do seu tempo. No entanto, você obteve um ganho de produtividade de $2/20$ (10%) com essa redistribuição. Você pode buscar uma melhoria adicional eliminando atividades que não agregam valor para reduzir para apenas quatro operadores.

operadores.

Opção B. Neste exemplo, agora optamos por usar o tempo do operador cinco para



obter mais velocidade na linha. Nesse cenário, a melhoria na velocidade é agora de 4/20 (20%), e o equilíbrio do trabalho parece estar mais distribuído uniformemente. Na Opção B, agora podemos focar nossos esforços nas Operações 100 e 200 (neste cenário, os gargalos) para buscar uma redução no tempo de ciclo; se conseguirmos um

"retângulo", a melhoria total será de 5/20, o que significa uma melhoria de produtividade de 25%! Você sempre pode discutir com sua equipe a melhor opção de distribuição; leve sempre em consideração a viabilidade de retribuir atividades para uma estação de trabalho diferente, as novas habilidades do operador que precisam ser desenvolvidas, o fluxo de materiais/logística, as restrições de layout (se houver) e os resultados em produtividade e eficiência do trabalho.

3.8 Implementação

A tarefa mais importante, no entanto, representa a ação. Embora um cenário possa oferecer potencial em termos de produção e eficiência, a implementação realiza esse potencial. Sem realização, um potencial não tem valor para a competitividade nas indústrias atuais. Portanto, os potenciais precisam ser seguidos e validados. Uma vez que as primeiras melhorias em termos de produtividade e eficiência tenham sido feitas, repita suas atividades até que as metas de produtividade e eficiência sejam alcançadas de acordo com o ciclo PDCA¹. Execute esse ciclo até atingir a produtividade e eficiência desejadas. A melhoria contínua não é apenas teoria, mas prática. Quanto mais você prática, mais habilidoso se tornará.

¹ PDCA é uma abreviação de Plan-Do-Check-Act e fornece uma estrutura geral para ações de rastreamento. A metodologia PDCA é descrita no Sistema de Produção RACE.

4. ESTUDO DE CASO DA ENVOLVENTE EMPRESÁRIAL

4.1 Caso de Estudo: Empresa

O local escolhido para o desenvolvimento da pesquisa foi a Empresa XPTO é uma empresa do ramo farmacêutico com unidade de produção em todo mundo, concentrando seus centros de pesquisa e excelência em países como: Suécia, Inglaterra e Estados Unidos. É uma empresa que nasceu entre a união de duas empresas, sendo consagrada na indústria de remédios, vacinas, dentre outros medicamentos para uso humano.

A pedido dos representantes seu nome fantasia será preservado em sigilo, pedido que foi imediatamente atendido pelo investigador, pois o objectivo deste trabalho não é expor os problemas dos processos internos ou os segredos industriais de qualquer organização, mas sim aplicar a teoria de conhecimentos trabalhados no âmbito da carreira de ciência e tecnologia.

A escolha deste local de aplicação foi incentivada por uma empresa que apresentou um cenário que viabilizou a implantação de métodos e conceitos de engenharia de processos. Além disso, está localizado no local de nascimento do pesquisador o que facilitou o acesso a ele por meio de algumas visitas tecnológicas, sempre acompanhado de um funcionário responsável pela gestão da produção. Da mesma maneira A empresa está aberta à ideia de realizar pesquisas académicas e aprofundar os seus investimentos em pesquisa e ciência.

Desde 1999 que se dedica ao desenvolvimento em produtos para variadas áreas de negócio. Esse ano a empresa assinala mais de 24 anos de existência em todo o mundo, empregando mais de 70 000 colaboradores em todo mundo. Uma empresa que se empenha em maximizar sua integração global, conseguindo atingir dessa forma a excelência em competitividade a nível mundial.

Destaca-se por ser uma indústria farmacêutica com iniciativas inovadoras que apresenta uma proposta de constantemente estar a desenvolver novos produtos, e buscando novos métodos de trabalho, estando sempre a melhor e actualizar os seus

produtos e seus processos. Na Figura 18 mostra o posicionamento estratégico da empresa espalhadas pelo mundo.

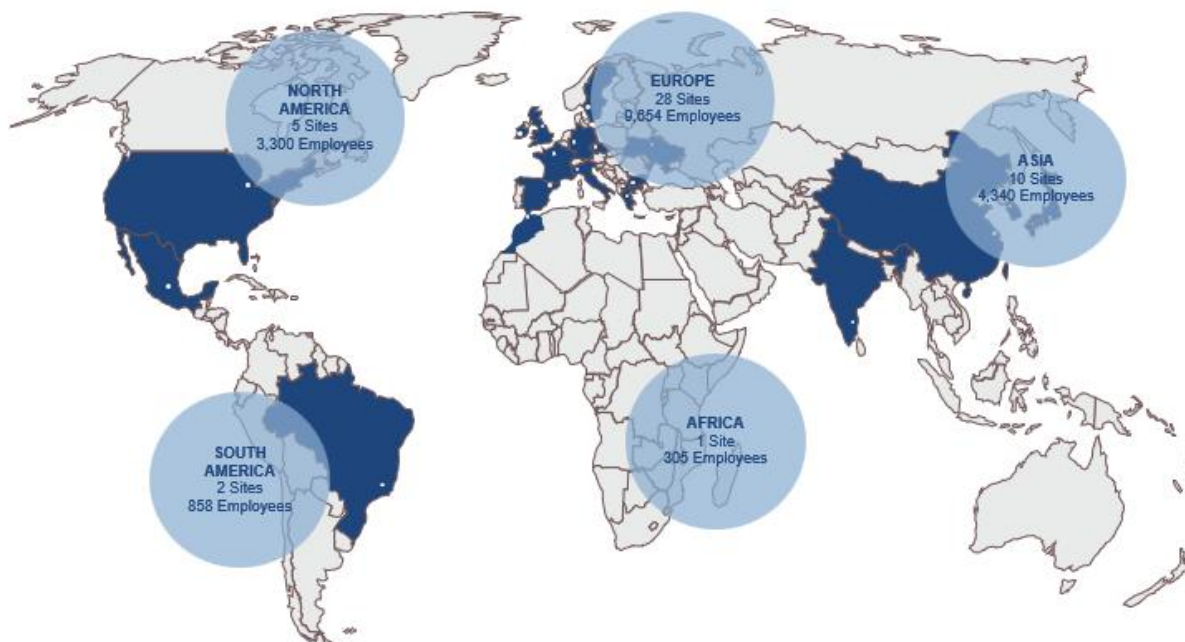


Figura 18: Estrutura da empresa no mundo (Fonte: Internet, site da empresa)

Os seus principais produtos são: remédios, vacinas e formas de combate a doenças.

As suas principais áreas de negócios são:

- Doenças ateroscleróticas - Cardiovasculares
- Imunologia – Vacinas e doenças respiratórias
- Oncologia – Cancro de pulmão, mama, ovário e próstata

4.2 Introdução da aplicação

A análise realizada no estudo de caso foi realizada em uma empresa que farmacêutica, e em uma unidade fabril localizada nos países baixos (Leiden), cujas principais áreas produtivas são: doenças respiratórias e imunologia. A metodologia MTM foi aplicada em toda a empresa e o principal objetivo desta aplicação foi aumentar a produtividade para manter a competitividade desta unidade em relação a outras filiais do mesmo grupo localizadas em diferentes países. As análises MTM realizadas pelo autor deste trabalho tiveram como objetivo principal as atividades das linhas de envase e embalagem de produtos, dando ênfase nas Linhas CHO 19 e 20.

Foram 1 linhas de envase + embalagem onde são produzidos produtos injetados e de marca própria e genéricos. A produção era caracterizada por grandes lotes, onde aproximadamente inúmeros produtos da mesma variante eram envasados e embalados por vez.

Poucas variantes de produtos tinham varreduras de tempo, e a velocidade da linha era geralmente determinada pela experiência dos gerentes de produção. A aplicação do MTM permitiu neste caso:

- (a) A organização e detalhamento das atividades e tempos de cada tarefa, verificando assim os excessos de tempo considerados.
- (b) Realizar um adequado balanceamento de atividades;
- (c) Padronizar os métodos de trabalho dos operadores nos diferentes turnos;
- (d) Reestruturar as linhas de montagem com igual número de operadores para todas elas;
- (e) Destacar problemas ergonômicos nos postos de trabalho
- (f) Identificar oportunidades de melhoria.

4.3 Objetivo

Analisar e conhecer o método de realização do *setup* CHO 19 e 20 com o objetivo de:

1. Identificar oportunidades de melhorias e sugerir melhorias para torná-lo mais eficiente através da eliminação de desperdícios que eventualmente aconteçam nos processos.
2. Viabilizar a realização *setup* CHO 19 e 20 com 4 operadores em vez de 5 realizados atualmente.
3. Sugerir e potencializar a implementação das melhorias para atingimento da meta estabelecida.

4.4 Método de trabalho

De Início foi feito um levantamento de todos os postos de trabalho da linha de embalagem para rotular cada movimento utilizado pelos operadores dentro do ciclo de trabalho. Para obter o tempo de cada movimento realizado, foi utilizado o método de análise MTM-UAS. Graças a este método, cada movimento pode ser classificado em atividade de valor agregado (VA) e atividade sem valor agregado (NVA).

Os movimentos realizados pelo operador que levam a alguma modificação do produto foram classificados como atividade VA. Na linha de embalagem tais correções são feitas quando o operador realiza alguma atividade manualmente. As atividades de NVA também foram classificadas e divididas em desnecessárias e necessários. Ao separar a atividade NVA desta forma, conseguimos determinar os movimentos que são mais importantes para se livrar, a fim de obter colocações mais efetivas.

Nós iniciamos os estudos do *Setup* CHO 19 com 5 Operadores (3 operadores do Envase e 2 da embalagem) da Linha B e P através dos registros capturados em vídeos pelas equipes da empresa XPTO.

Os movimentos capturados nos filmes foram analisados utilizando a Metodologia MTM (Tempo Pré- Determinados), e cada movimento foi registrado em nossa plataforma

que foi possível conhecer o tipo de movimento, fator de influência (grau de dificuldade), valor agregado e o tempo de realização.

Após a análise levantamos oportunidades de melhorias aproveitando melhor a disponibilidade dos operadores durante o processo e sugerimos algumas melhorias para torná-lo mais produtivo e eficiente. A estrutura da metodologia do trabalho utilizada é apresentada na Figura 19.

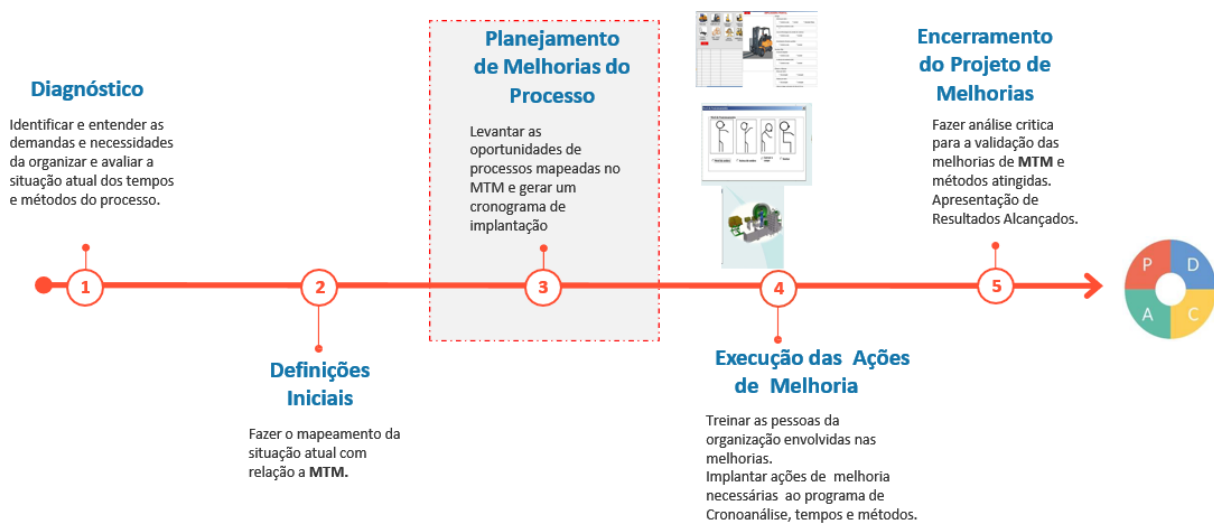


Figura 19: Estrutura da metodologia do trabalho

Esta melhoria não foi realizada durante a execução deste trabalho, entre outros motivos, devido à logística interna da entidade terceirizada e à adaptabilidade que permite que este equilíbrio de produção permaneça intacto.

Os valores quantitativos da empresa são obtidos através da operação real da linha de montagem, sendo os documentos que descrevem o processo de operação e medição do tempo de operação em cada parte do envase e da embalagem, após serem coletados e compilados em forma de gráficos utilizando software Microsoft Excel.

Após a aplicação do MTM no ambiente de trabalho, serão provados os resultados obtidos, mencionando os ganhos e melhorias. Esses indicadores serão o balanceamento das atividades e a redução do tempo do setup.

4.5 Descrição da situação atual

Atualmente, a linha de produção da empresa produz um determinado tipo de remédio que são envasados, embalados e depois enviados para o armazém. Após o término do cumprimento de uma ordem de produção, se inicia o processo de SETUP que é a preparação para receber um novo produto, ou seja, toda a linha de envase e de material exclusivo para aquele determinado produtos devem estar disponível na linha para dar início a produção. Na parte do envase são necessários três operadores para efectuar as operações, e no sector de embalagem são necessários mais dois operadores. As descrições e os tempos serão analisados na figura abaixo, o MTM é aplicado nas duas operações. Para tornar o processo mais claro, iremos primeiramente descrever o layout das duas operações. Em seguida, iremos analisar as operações no seu detalhe e os tempos de execução.

Para entender melhor o processo, primeiro explicamos o *roadmap* da linha de envase da empresa em questão, para depois passarmos à análise das atividades e do *timing* das mesmas.

O processo em cadeia é descrito na introdução do produto líquido na etapa anterior do processo de fabricação em um recipiente, que será o produto final para o consumidor, após o qual o produto deverá ser embalado em unidades e finalmente paletizado para envio a remessa futura no armazém. Aqui nos concentramos apenas na linha de envase e embalagem de líquidos da empresa.

O tempo de instalação na linha de envase dependerá do tipo de líquido produzido pela empresa e se há variações de lote. Em média, a implantação pode levar de 3 a 5 horas, se o próximo lote for embalado exatamente da mesma forma que o lote anterior (em termos de cor, cheiro e estilo de embalagem), as alterações serão

pequenas. No entanto, se o lote inicial for completamente diferente, as operações preparatórias poderão demorar mais do que o próprio encerramento do lote.

O processo produtivo de envase é composto por três postos de montagem conforme demonstra na Figura 20. Para iniciar o setup o operador 1 inicia suas atividades fazendo ajustes na máquina de envase, depois confere o checklist das atividades que deverá proceder, desembala a seladora, aspira e monta e/ou desmonta a máquina de envase. O segundo operador auxilia na aspiração e limpeza, desembala e/ou embala a seladora, desmonta o equipamento, confere o preenchimento dos ficheros, transporta os tambores de produtos, confere o 5S e faz o manuseio das mangueiras para guardar. O operador 3, confere os ficheros de produção, faz os descartes e a limpeza do excesso, embala as proteções, troca as peças da máquina, faz a pesagem do novo produto, confere e registra os desperdícios e faz o transporte para o descarte.

O cronograma de produção deve ser bem planejado para minimizar as configurações do quarto cenário, a menos que haja uma emergência no pedido ou produção em lote especial (pedido específico para determinado cliente) seja elegível para que esse tipo de configuração apareça. O programador de PCP (Planeamento e Controle) é responsável por alinhar com a equipe de monitoramento da produção para evitar gargalos de concentração ao longo de um período e para manter níveis de estoque de produtos acabados muito baixos.

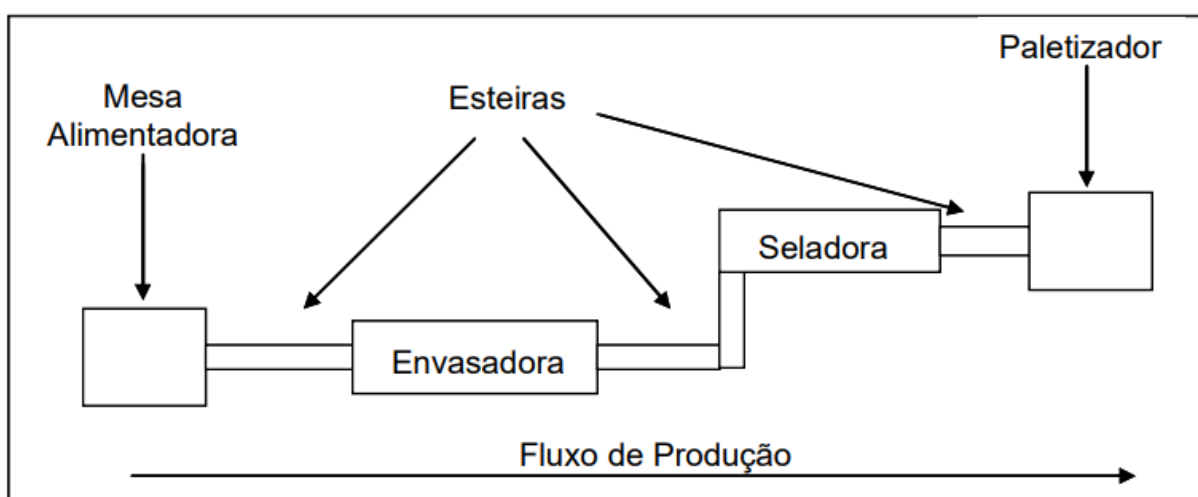


Figura 20: Layout da linha

4.6 Operações e tempos atuais

Durante o início do processo de setup no primeiro posto, o operador 1 tem o tempo de 110 minutos e 31 segundos para fazer suas atividades, é destinado aos ajustes iniciais, verificação do *checklist* de produção e início do processo de desligamento e limpeza da máquina. Portanto, realiza-se neste primeiro instante a verificação e as primeiras ações.

O segundo operador, com tempo de ciclo de 124 minutos e 06 minutos, realiza a limpeza das outras partes, aspira, desmonta as mangueiras, faz o preenchimento do ficheiro de produção, efectua o transporte dos novos insumos a serem utilizáveis e faz o ligamento das mangueiras nos novos tambores de produtos. Nesta etapa além de realizar montagem de alguns componentes faz-se uma verificação do 5S para garantir que todo o material necessário esteja disponível.

O terceiro operador, com tempo de ciclo de 54 minutos e 45 segundos, tem como objetivo verificar o material que chegou, fazer os registros, efectuar a embalagem dos produtos que não foram utilizados, fazer a pesagem dos novos produtos, afim de garantir que esteja conforme o especificado no formulário de controle de qualidade, além de efectuar o descarte dos objetos não utilizáveis tais como: embalagem, excessos, etc.

No processo de embalagem o operador 1, com tempo de ciclo de 124 minutos efectua os registros das novas embalagens, faz o controlo da produção, faz o input dos novos dados e programas do produto, faz a limpeza do local e efectua o descarte dos resíduos no sítio correto.

O operador 2 no processo de embalagem, com o tempo de ciclo de 43 minutos e 39 segundos, faz a regulagem do painel de controlo, ajustes necessários do novo produto, troca de peças e efectua uma organização do local.

4.7 Procedimento de setup

O processo de produção, na unidade da empresa é constituído por 15 linhas de produção. Os processos de setup são realizados em apenas 33% delas, ou seja, 5 linhas necessitam de mudança para que sejam produzidos os diversos produtos que constam na carteira de pedidos. As outras 10 linhas são constituídas por linhas dedicadas com alto nível tecnológico não sendo necessária ação humana.

Isto demonstra a necessidade de dar mais atenção à formalização dos procedimentos do setup. Embora as atividades de configuração sejam necessárias aos processos, o cliente não concorda em pagar o custo ou esperar o tempo gasto para fazê-lo.

Quando a montagem terminar de fabricar um item daquela linha e o próximo item tiver uma especificação diferente, a configuração começará automaticamente. Isso é feito pela equipe de linha que atua.

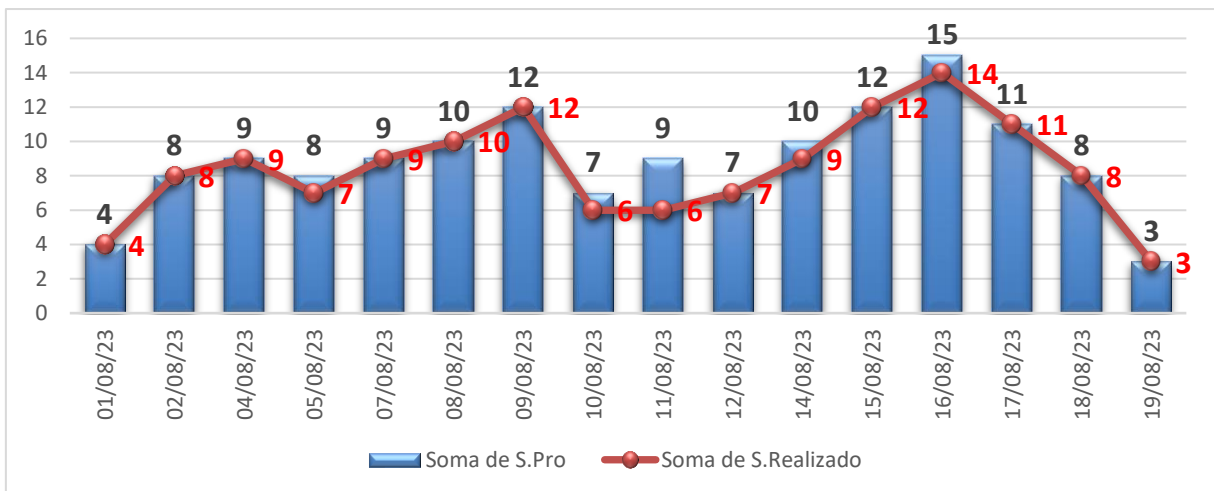


Figura 21: Comparativo entre os dias programados x nº de setups

A Figura 21 mostra o número de configurações em relação ao número de dias programados. Tomando o número real fornecido pela empresa como a média dos 8,5 reajustes realizados em agosto, conclui-se que 95% da mudança planeada foi alcançada. A empresa não possui um processo formal para fazer a configuração e não há histórico que sugira isso. Dessa forma, não há controle rígido sobre o tempo

de resposta. É importante observar que essas métricas são úteis para determinar a capacidade de produção e o atendimento ao cliente. Quando houver uma mudança ou quando for necessária a produção no mesmo grupo, o tempo gasto para fazer ajustes resultará em perdas de produção

4.8 Tempos de setup atuais

Neste estudo entende-se por setup os ajustes necessários nas diversas máquinas que compõem a linha de produção. Para melhor entendimento foram usados o *MTM-UAS* por um período de 16 dias de atividade, as operações de troca dos equipamentos da linha.

Conforme a Figura 22 foi constatado que o maior tempo de troca, foi o da linha 5, o critério adotado foi entre o início da troca e o momento em que o primeiro frasco, dentro das especificações de qualidade, chega ao operador da embalagem é de 1724 minutos, considerando as cinco linhas em produção, no período de 16 dias de trabalhados o momento (21/08/23). O que representa uma média geral de quase 345 minutos ou 21,5 minutos por *setup*.

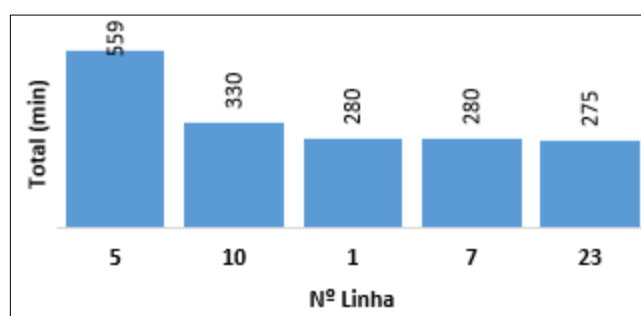


Figura 22: Comparativo entre o nº de linhas x tempo gasto

4.9 Descrição das operações do processo

Neste capítulo são descritos os procedimentos tradicionais de como são executadas as atividades e a sequência de trabalho de cada operador. Assim, o início do setup no processo será no envase até a embalagem. Será descrito a partir do processo do operador 1 e terminada no operador 03, onde se inicia trazendo o carrinho de setup para a célula até o teste de envase completo, ou seja, até a operação voltar a funcionar corretamente. Na sequência teremos o processo de embalagem que terá dois operadores que iniciará na retirada das caixas até o envio ao armazém. Abaixo estão descritas a sequência dos operadores na troca da linha, a operação completa será descrita conforme a Tabela 6.

- **Envase:** Situação atual – Operador 1

Tabela 6: Sequência de trabalho envase – Op1

Sequencia de Trabalho REDUÇÃO TEMPO DE SET-UP			MODELO CHO 19	ÁREA OPERADOR 1	
Nº Elemento	Código	Descrição do Elemento	Tempo Op seg	Tempo andar e transporte	Tempo Máquina
1	AZ	TRAZER CARRINHO PARA DENTRO CELULA	00:00:03	00:00:24	
2	AZ	APANHAR MANGUEIRA DO ASPIRADOR	00:00:02	00:00:11	
3	AZ	ABRIR SACO E RETIRAR MANGUEIRA	00:00:11	00:00:09	
4	AZ	DESEMBALAR MANGUEIRA	00:00:00	00:00:08	
5	AZ	CONECTAR MANGUEIRA	00:00:07	00:00:05	
6	AZ	DISPONIBILIZAR ESCADA NA AREA ESQUERDA	00:00:08	00:00:05	
7	AZ	LIMPEZA CABINE SUPERIOR ESQUERDO	00:00:01	00:00:14	00:01:34
8	AZ	JOGAR SACO PLASTICO VAZIO	00:00:08	00:00:52	
9	AZ	LIMPEZA LATERAL ESQUERDA	00:00:07	00:00:10	00:00:19
10	AZ	LIMPEZA PARTE SUPERIOR NOVAMENTE			
11	AZ	LIMPEZA LATERAL ESQUERDA INTERNO	00:00:03	00:00:08	00:00:49
12	AZ	LIMPEZA LATERAL DIREITO INTERNO	00:00:08		00:00:16
13	AZ	LIMPEZA LATERAL DIREITO EXTERNO	00:00:00		00:00:46
14	AZ	ASPIRAR DENTRO DO COMPARTIMENTO DE GAVETAS	00:00:12	00:00:08	00:00:26
15	AZ	SAIR DA AREA LATERAL DIREITA	00:00:00	00:00:03	
16	AZ	RETRAIR E COLOCAR PONTEIRAS ASPIRADOR	00:00:12		
17	AZ	ASPIRAR	00:00:00	00:00:05	00:00:21
18	AZ	ASPIRAR PARTE PORTA INTERNA DIREITA	00:00:08		00:00:39
19	AZ	ASPIRAR PARTE SUPERIOR DO EQUIPAMENTO PELO LADO ESQUERDO	00:00:03	00:00:32	00:00:19
20	AZ	ASPIRAR PARTE INTERNA LADO ESQUERDO	00:00:07	00:00:15	00:00:19
21	AZ	ASPIRAR FUNIL PARTE SUPERIOR	00:00:00		00:00:10
22	AZ	ASPIRAR COMPONENTES DO OBL 005 (o desbaleizador)	00:00:25	00:00:18	00:00:42
23	AZ	PREENCHER REGISTROS 1	00:00:00		
24	AZ	RETRADA DO CARRINHO FRONTAL	00:00:09	00:00:12	
25	AZ	RETRADA DO ROLO DE ALIMENTAÇÃO	00:00:48	00:00:13	00:01:27
26	AZ	ASPIRA PARTE DO ROLO ALIMENTADOR	00:00:24	00:00:37	00:01:37
27	AZ	ASPIRAR PARTE INFERIORES LADO DIREITO	00:00:04		00:00:29
28	AZ	ASPIRAR PARTE DO MEIO	00:00:08	00:00:13	00:00:01
29	AZ	ENROLAR MANGUEIRA	00:01:43	00:00:13	
30	AZ	PREENCHER REGISTROS 2	00:00:00		
31	AZ	LIMPEZA DO CHÃO	00:00:04	00:00:09	00:00:13
32	AZ	PREENCHER CHECK LIST 1	00:02:39		
33	AZ	IDENTIFICAÇÃO DO STATUS DA LINHA	00:00:09	00:00:09	
34	AZ	FAZER A LIBERAÇÃO DA LIMPEZA	00:05:46	00:00:39	
35	AZ	SECAGEM TESTE DE VAZÃO	00:00:24	00:00:29	00:00:30
36	AZ	PREENCHER CHECK LIST 2	00:00:00		
37	AZ	MONTAGEM DA ROLO	00:00:37	00:00:28	
38	AZ	GUARDAR COBERTURA	00:00:25	00:00:12	
39	AZ	RETRAIR CARRINHO DA SALA DE ENVASE	00:00:03	00:00:11	
40	AZ	TROCAR FICHAS	00:00:08	00:00:08	
41	AZ	DAR UM VISTO INSTRUÇÃO NA PAREDE	00:00:43	00:00:23	
42	AZ	ABASTECER ROLO DE BLISTER	00:00:22	00:00:33	
43	AZ	DIGITAR INFORMAÇÃO NO PAINEL	00:00:03	00:04:00	
44	AZ	INSTALAR ROLO DE BLISTER	00:00:40	00:01:59	
45	AZ	INICIAR EQUIPAMENTO	00:00:56	00:03:42	
46	AZ	TROCA DO ROLO DE BLISTER	00:08:31	00:01:07	
47	AZ	TESTE DE CARTELA	00:01:52	00:02:33	
48	AZ	ACEERTO PARAMETRO EQUIPAMENTO NO PAINEL	00:07:11	00:02:18	
49	AZ	REALIZAR TESTE DE MICRO FURO NO COMPRISSMO	00:05:18	00:00:25	
50	AZ	DEMARCAÇÃO DO BLISTER NA MAQUINA	00:02:17	00:00:45	
51	AZ	TESTE DE VEDAÇÃO	00:03:28	00:00:22	00:00:30
52	AZ				

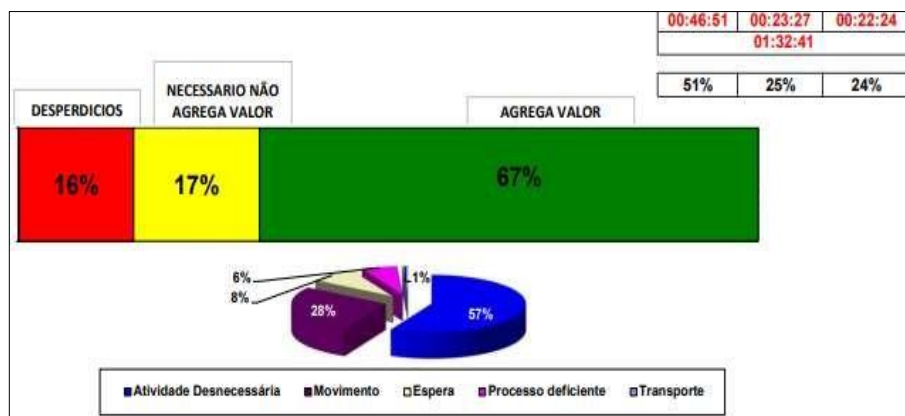


Figura 23: Análise atual do processo – OP1

- **Envase:** Situação atual – Operador 2

Tabela 7: Sequência de trabalho envase Op2

Sequencia de Trabalho SET UP ENVASE			MODELO	ÁREA	
			CHO 19	OPERADOR 2	
No Elemento	Código	Descrição do Elemento	Tempo OP seg	Tempo andar e transporte	Tempo Máquina
1	BKM	LIMPEZA DO CDA (CJ DE ALIMENTAÇÃO)	00:01:00	00:00:42	00:00:26
2	BKM	EMBALAGENS PEÇAS CDA	00:06:51	00:02:24	
3	BKM	GUARDAR MANGUEIRAS DO ASPIRADOR	00:01:28	00:01:02	
4	BKM	TRANSPORTAR CARRINHO COM ITEMS EMBALADOS ATE FORA DA AREA	00:00:00	00:01:28	
5	BKM	TRAZER CARRINHO VAZIO	00:00:48	00:00:43	
6	BKM	RETIRADA FACO DE CORTE DE BLISTER	00:00:03	00:00:08	
7	BKM	RETIRADA PEÇA CANALETA	00:00:09	00:00:06	
8	BKM	RETIRADA PEÇA SUPORTES	00:00:06	00:00:08	
9	BKM	RETIRADA ROLO DE SELAGEM	00:00:07	00:00:06	
10	BKM	RETIRADA ROLO DE TRACÇÃO DE GUIA SUPERIOR	00:00:07	00:00:06	
11	BKM	RETIRADA PENDULO	00:00:19	00:00:26	
12	BKM	RETIRADA PEÇAS (MOLDE SUPERIOR A, B, INFERIOR, GUIA SAÍDA DOS MOLDES	00:00:21	00:00:20	
13	BKM	PROCURANDO ALGO	00:00:03	00:00:27	
14	BKM	REMOVER PARAFUSO INTERNO	00:00:45	00:00:28	
15	BKM	SOLTAR ROLO DE TRACÇÃO 1	00:00:06	00:00:04	
16	BKM	SOLTAR ROLO DE TRACÇÃO 2	00:00:09	00:00:08	
17	BKM	SOLTAR ROLO DE TRACÇÃO 3	00:00:57	00:00:13	
18	BKM	RETIRAR TODAS AS PEÇAS NO CARRINHO	00:00:17	00:01:27	
19	BKM	RETIRAR PEÇAS DOS SACOS PLASTICO	00:07:12	00:01:54	
20	BKM	CONECTAR MANGUEIRA	00:00:13	00:00:16	
21	BKM	LIMPAR CARRINHO	00:00:29		00:05:37
22	BKM	JOGAR SACO PLASTICO FORA	00:02:04	00:00:10	
23	BKM	LAVAR COM MANGUEIRA	00:13:58	00:00:04	
24	BKM	UMEDECER PANOS	00:11:49	00:00:05	
25	BKM	INSPECIONAR A LIMPEZA GERAL	00:55:12	00:00:36	
			01:44:33	00:13:31	00:06:03
			02:04:06		
			84%	11%	5%

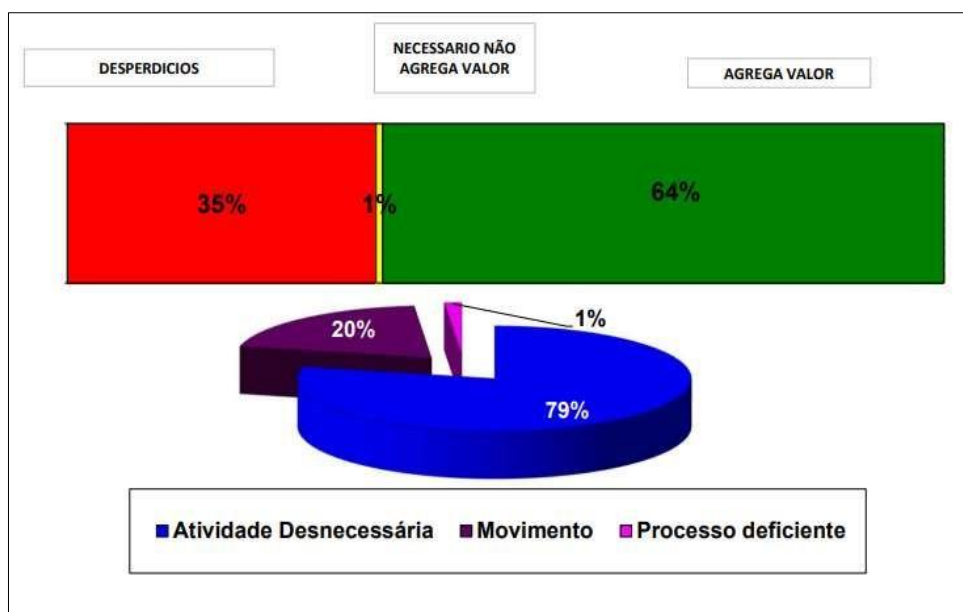


Figura 24: Análise atual do processo – OP2

- **Envase:** Situação atual – Operador 3

Tabela 8: Sequência de trabalho envase Op3

Sequencia de Trabalho SET-UP ENVASE			MODELO		ÁREA
			CHO 19		OPERADOR 3
No Elemento	Código	Descrição do Elemento	Tempo OP seg	Tempo andar e transporte	Tempo Máquina
1	BKM	PESAGEM DO RESIDUOS	00:05:42	00:00:46	
2	BKM	TROCA DE BOBINA DE BLISTER	00:00:19	00:00:20	
3	BKM	PESAGEM E EMBALAGEM BOBINA BLISTER	00:08:05	00:01:27	
4	BKM	REGISTRO PESOS BOBINA BLISTER	00:01:20	00:02:26	
5	BKM	RETIRADA DOS SACOS DE RESIDUOS LARANJA	00:00:48	00:00:28	
6	BKM	ESPERA DO OPERADOR	00:00:00	00:00:05	00:00:40
7	BKM	PREENCHER CHECK LIST ATIVIDADE REALIZADA	00:07:17	00:00:04	
8	BKM	LACRAR SACOS DE RESIDUOS LARANJA	00:00:26	00:00:08	
9	BKM	TROCA BOBINA DE COVER DO BLISTER	00:02:34	00:01:34	00:00:40
10	BKM	DESCARTE SACOS COM RESIDUOS	00:00:47	00:02:48	
11	BKM	LIMPEZA COM PANO UMEDECIDO COM AGUA POTAVEL NAS PARTES	00:00:25	00:02:00	00:10:39
12	BKM	ENVASAR MAQUINA	00:02:19	00:00:40	
			00:30:01	00:12:46	00:11:59
			00:54:45		

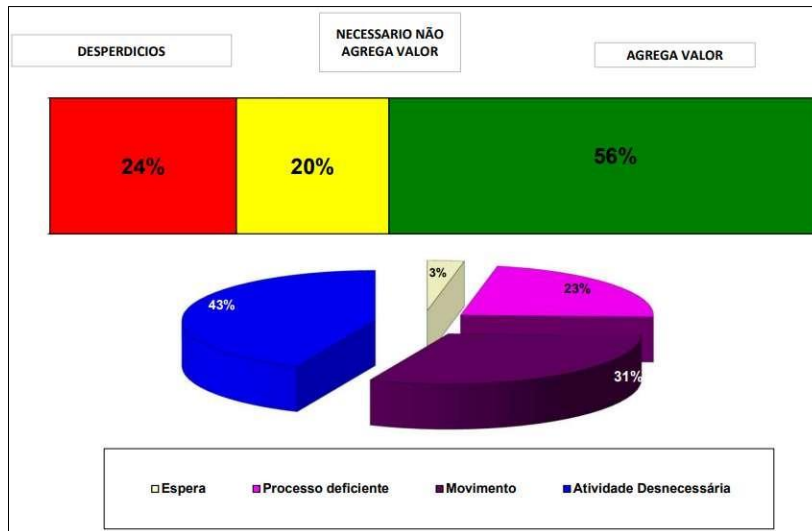


Figura 25: Análise atual do processo – OP3

Durante a avaliação no setup do processo de envase é possível perceber que há um desbalanceamento entre as atividades dos operadores durante o processo de setup, isso acaba deixando a carga de trabalho mal distribuída. Pode-se notar na Tabela 09 esse balanceamento.

Tabela 09: Análise atual do processo - envase

Envase		
Operador 1	Operador 2	Operador 3
01:32:41	02:04:06	00:54:45
01:00:00	01:00:00	01:00:00

Com a análise MTM foi possível coletar os tempos de cada atividade assim foi possível determinar o que são desperdício, não agrega valor e agrega valor. Demonstrando claramente o que é possível atacar para reduzir o tempo da atividade.

Nota-se:

Operador 1: 16% é desperdício, 17% não agrega valor, 67% agregam valor

Operador 2: 35% é desperdício, 1% não agrega valor, 64% agregam valor

Operador 3: 24% é desperdício, 20% não agrega valor, 56% agregam valor

- Embalagem:
 - Situação atual - Operador 1

Tabela 10: Sequência de trabalho embalagem Op1

Sequencia de Trabalho SET UP EMBALAGEM			MODELO CHO 19	ÁREA OPERADOR 1	
No Elemento	Código	Descrição do Elemento	Tempo OP seg	Tempo andar e transporte	Tempo Máquina
1	BKM	RETIRADA DAS CAIXAS DE ACUMULOS	00:01:09	00:00:28	
2	BKM	ANOTAR NA ETIQUETA A QUANTIDADE	00:00:26	00:00:08	
3	BKM	RETIRADA DE EMBALAGENS PARA DEVOLUÇÃO	00:00:23	00:01:50	
4	BKM	ANOTAR NA FICHA DE DEVOLUÇÃO	00:00:19	00:00:04	
5	BKM	LIMPEZA DA PARTE INTERNA	00:00:12	00:02:43	00:05:17
6	BKM	TROCAR STATUS DA LINHA PARA SETUP	00:00:07	00:00:24	
7	BKM	LIMPEZA PARTE INTERNA DA MAQUINA	00:00:00		
8	BKM	RETIRAR LIXO	00:01:02	00:00:40	
9	BKM	DAR UM OK NAS INSTRUÇÕES	00:00:40	00:00:30	
10	BKM	LEVAR LIXO PARA FORA	00:00:19	00:01:00	
11	BKM	PESAR O DESCARTE	00:00:57		
12	BKM	IDENTIFICAR DESCARTE	00:00:19	00:00:47	
13	BKM	FAZER CHECAGEM	00:01:40		
14	BKM	FAZER CHECAGEM DA LIMPEZA	00:16:48	00:01:37	
15	BKM	TROCA DE DOCUMENTO DA PAREDE	00:00:07	00:01:02	
16	BKM	RECEBER O MATERIAL DA NOVA ORDEM	00:00:05	00:00:43	
17	BKM	COLOCAR ROLOS DE ETIQUETAS NO SUPORTE	00:08:02	00:00:40	
18	BKM	PREENCHER DOCUMENTO ME-012	00:02:40		
19	BKM	TROCAR PLACA LINHA B	00:07:15	00:03:00	
20	BKM	DESEMBALAR CAIXAS PROXIMO MEDICAMENTO	00:00:00	00:00:10	
21	BKM	ALIMENTAR MAQUINA CAIXAS MEDICAMENTO PROXIMO LOTE	00:00:53	00:00:18	
22	BKM	REGISTRAR CAIXA COM ESCANER	00:00:00	00:00:14	
23	BKM	CONFERIR CODIGO ANTARES DO CARTUCHO E BULA LADO DIR	00:08:29	00:01:16	
24	BKM	CONFERIR CODIGO ANTARES DO CARTUCHO E BULA LADO ESQ	00:00:23	00:00:27	
25	BKM	POSICIONAR PALETE	00:00:00	00:00:45	
26	BKM	ABASTECER COM CAIXA DE PAPELÃO	00:00:00	00:00:08	
27	BKM	FAZER TESTE LVS	00:00:48	00:02:20	
28	BKM	CONFERIR CODIGO DO CARTUCHO COM A BULA NO PAINEL DA MAQUINA	00:01:10	00:00:36	
29	BKM	RETIRAR E DESCARTE DA CAIXA E BULA TESTE DE REGULAGEM	00:01:12	00:01:00	
30	BKM	CALIBRAÇÃO DINÂMICA 1	00:11:00	00:01:25	
31	BKM	RETIRAR CARTELAS DAS CAIXAS TESTES	00:01:07	00:00:10	
32	BKM	CALIBRAÇÃO DINÂMICA 2	00:14:15	00:02:05	
33	BKM	RETIRAR CARTELAS DAS CAIXAS TESTES 1	00:01:07	00:00:10	
34	BKM	LIMPAR MAQUINA E LIBERAÇÃO	00:03:43	00:00:04	00:01:55
			01:26:37	00:26:44	00:07:12
			02:00:34		

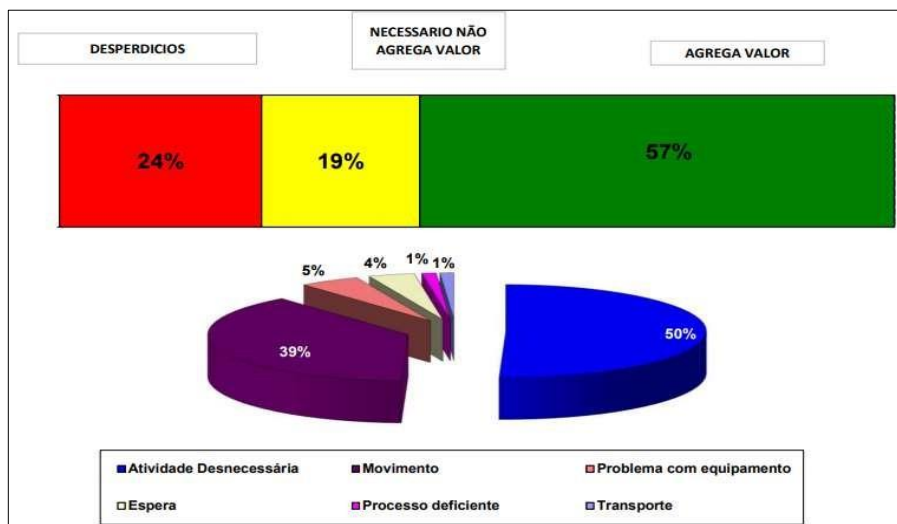


Figura 26: Análise atual do processo – OP1

➤ Situação atual - Operador 2

Tabela 11: Sequência de trabalho embalagem Op2

Sequencia de Trabalho SET UP EMBALAGEM			MODELO	ÁREA	
			CHO 19	OPERADOR 2	
No Elemento	Código	Descrição do Elemento	Tempo OP seg	Tempo andar e transporte	Tempo Máquina
1	BKM	IDENTIFICAR O STATUS DA LINHA	00:01:10	00:00:03	
2	BKM	TROCAR FERRAMENTAIS PARAMETROS DO RELOGIO	00:01:17	00:00:02	
3	BKM	AJUSTE DO SUPORTE 1	00:00:42		
4	BKM	TROCAR PEÇAS INTERNAS	00:02:55	00:01:42	00:00:25
5	BKM	AJUSTE DO SUPORTE 2	00:00:44	00:00:04	
6	BKM	PROGRAMAR A ALIMENTAÇÃO DE BULAS	00:02:48	00:00:10	
7	BKM	PARAFUSAR ITENS INTERNOS	00:15:34	00:01:01	00:03:52
8	BKM	REGULAGEM DAS GUIAS DAS CAIXAS	00:00:17	00:00:12	
9	BKM	ALIMENTAR CAIXAS MEDICAMENTOS	00:03:40	00:00:33	
10	BKM	ALIMENTAR BULAR	00:01:22	00:00:20	
11	BKM	ACERTAR CAIXAS	00:00:02		
12	BKM	REGULAGEM DA ALTURA	00:04:27	00:00:17	
13	BKM				
			00:34:58	00:04:24	00:04:17
			00:43:39		

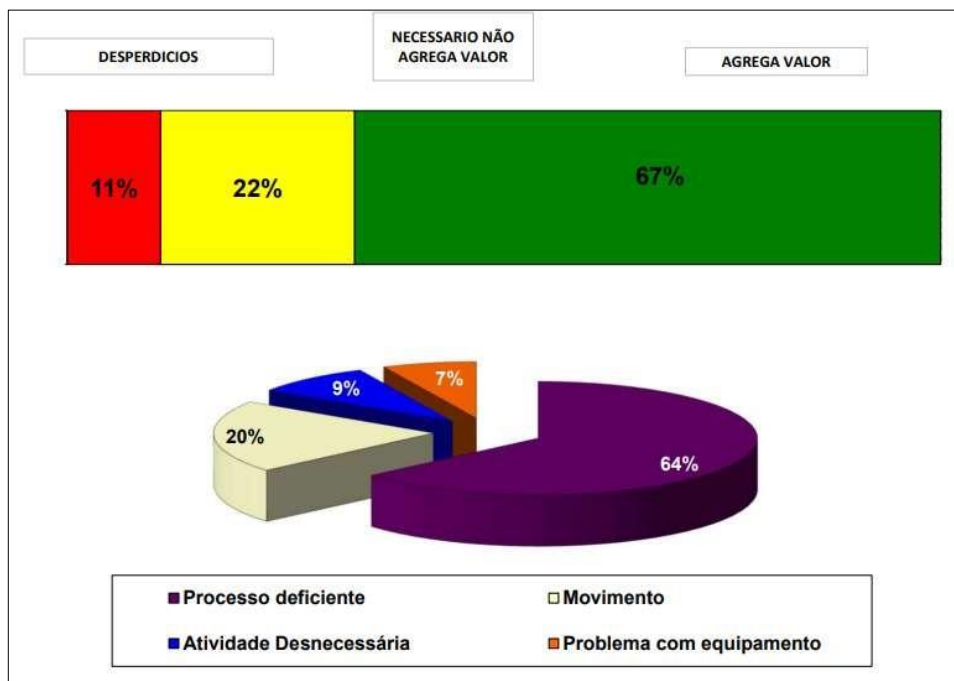


Figura 27: Análise atual do processo – OP2

No processo de embalagem Tabela 11 é notório o problema de distribuição das atividades, o operador 1 tem uma carga de trabalho bem maior que o operador 2, o

deixando em tempo de espera, isso representa aproximadamente 44% em tempo de espera, ocasionando uma oportunidade de melhoria no processo.

4.10 Identificação das falhas

A partir das observações feitas na descrição das operações, nos pontos de troca de equipamentos de linha e na análise das operações, foram identificados os problemas mais graves para os operadores de linha, bem como todo o suporte da produção.

A Tabela 12 lista as operações e problemas encontrados ao realizar operações e configurações de alteração de dispositivos.

Tabela 12: Problemas identificados nas operações

#	Operações	Problemas Identificados
1	Envase	Mangueiras rígidas utilizadas no processo de limpeza trazendo riscos de tropeços e difíceis manuseios
2	Envase	Check lists realizado pelo próprio executor da atividade.
3	Envase	Iniciar o set-up sem o término da realização do último lote ou seja, sem término dos acumulos. (espera de 40 minutos para terminar o acumulos)
4	Envase	Dificuldade da regulagem dos relógios
5	Envase	Acesso limitado ao teste LVS
6	Envase	Preenchimento de várias vias dos cartões de ferramentas e dispositivos
7	Embalagem	IT solicita limpeza com pano e álcool e não foi identificado esta atividade
8	Embalagem	Embalar as peças e mangueiras utilizadas no lote anterior e logo desembalar para lavagem
9	Embalagem	Duplicidade em checagens dos documentos preenchidos pela lavagem.
10	Embalagem	Na parte da manhã o set-up estava paralisado aguardando manutentor.
11	Embalagem	Não utilização do dispositivo de remoção das comprimidos dos blister.
12	Embalagem	Momentos de espera do operador

4.11 Yamazumi – Balanceamento das atividades

Yamazumi é uma palavra japonesa que significa "empilhar". O gráfico Yamazumi foi integrado ao processo de desenvolvimento de manufatura enxuta e se tornou uma das principais ferramentas postas para o desenvolvimento industrial no Japão.

A altura total da barra para cada ordem é o tempo do ciclo de execução. O gráfico Yamazumi pode ser usado para identificar tarefas redundantes durante os ciclos de trabalho. Neste trabalho, o diagrama de Yamazumi foi utilizado para representar graficamente todos os movimentos aplicados pelo operador durante um ciclo.

- Situação atual

Tabela 13: Processo atual

As IS				
Envase			Embalagem	
Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 1	Operador 2
01:32:41	02:04:06	00:54:45	02:04:44	00:43:39
01:00:00	01:00:00	01:00:00	01:00:00	01:00:00

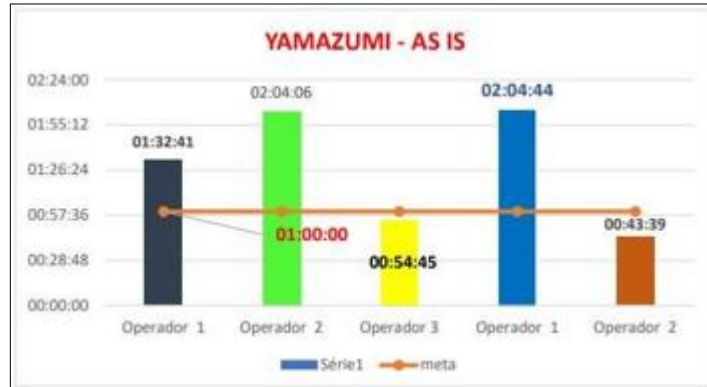


Figura 28: Gráfico de balanceamento processo atual

- Situação proposta

Tabela 14: Processo proposto

TO BE				
Envase			Embalagem	
Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 1	Operador 2
01:28:54		01:31:20	01:28:25	01:19:58
01:00:00	01:00:00	01:00:00	01:00:00	01:00:00



Figura 29: Gráfico de balanceamento processo proposto

Apresentando nas Figuras 28 e 29, o balanceamento das atividades com destaque para as atividades do operador 3 no envase, e o operador 2 na embalagem. Ambos apresentam uma carga de trabalho bem abaixo do que foi especificado pela empresa como meta.

4.12 Trabalho padronizado

A Tabela de Combinação de Trabalho Padronizada é uma ferramenta de projeto de processo e análise profunda mais detalhada para apresentar etapas simples do processo e visualizar o processo e o planejamento de tempo. Os elementos de trabalho são separados em duas categorias: elementos de trabalho manual e elementos de trabalho automatizados.

O desperdício também é identificado e inclui caminhar, esperar, inspecionar, retrabalhar, ajustar, mover e qualquer outro tipo que interrompa uma agregação de valor contínua dentro de um ciclo.

Cada elemento de trabalho e desperdício é medido em unidades de tempo (geralmente em segundos), e são desenhados em uma escala de tempo horizontal; a sequência total é então desenhada e comparada com o tempo *takt*.

TiCon4		AN		MTM-Analyse		
Nr.	Bezeichnung	Kode	Zeit tg	Anzahl	Gesamt tg	
		Art (Variable)	[TMU]	Wert/Vorbel.	[TMU]	
6	Montage APL 30	ELA030.T1...4-2	395	1 * 1	395	
7	Teil 1 (Deckel) aufnehmen (Beginn stehend vor KLT)	MAE3	17	1 * 1,0	17	
8	Teil 1 vor Körper	MPU3	14	1 * 1,0	14	
9	Teil 1 auspacken aus Folie	VATEA3	97	1 * 1,0	97	
10	Teil 1 ins Blickfeld bringen	MPU3	14	1 * 1,0	14	
11	Oberfläche auf Kratzer prüfen, 10cm x 30cm	QPOFNA	11	1 * 3	33	
12	Teil 1 in Vorrichtung	MPGZ3	46	1 * 1,0	46	
13						
14	Teil 2 und 3 (Lichtleiter) aufnehmen	MAMZ3	39	1 * 1,0	39	
15	Teil 2 in Bauteil fügen	MPGZ3	46	1 * 1,0	46	
16	danach Teil 3 in Bauteil fügen	MPGZ3	46	1 * 1,0	46	
17						
18	Teile verpressen, mit Schlitten handhaben	HVHMK3	44	1 * 1,0	44	
19						
20						

Figura 30: Modelo de carta de sequência

A Figura 30 apresenta um exemplo de uma carta de sequência que indica os principais passos a serem seguidos pelo operador para a realização da tarefa trocar peças na máquina. O sistema de análise de tempos, neste caso UAS, é feito a partir da obediência à sequência estabelecida em documento válido para o centro de trabalho e torna-se uma ferramenta indispensável para a realização do treinamento operacional.

Verificar se o tempo total do ciclo está abaixo do tempo *takt* do cliente. Se a soma de todos os tempos dos elementos de trabalho estiver além do *takt time*, seu processo não tem capacidade para atender a demanda do cliente.

Uma vez que você tenha desenhado e medido todo tipo de desperdício dentro do tempo de ciclo do processo, o próximo passo é fazer *kaizen*, removendo todos aqueles desperdícios que apenas agregam tempo e custo, mas não agregam valor.

Uma maneira útil e barata de melhorar a produtividade com os mesmos recursos (humanos ou máquinas) é comprimir o tempo de ciclo. Ao executar atividades simultâneas, você pode reduzir o tempo total do ciclo. Por exemplo, ao invés de ter o operador esperando a máquina terminar um elemento de trabalho, ele pode pegar a próxima peça e começar a montagem nela.

Juntamente com o gráfico de balanceamento do Operador, podemos identificar elementos de trabalho a serem removidos de uma operação gargalo para serem transferidos para uma operação diferente com mais subsídio no tempo.

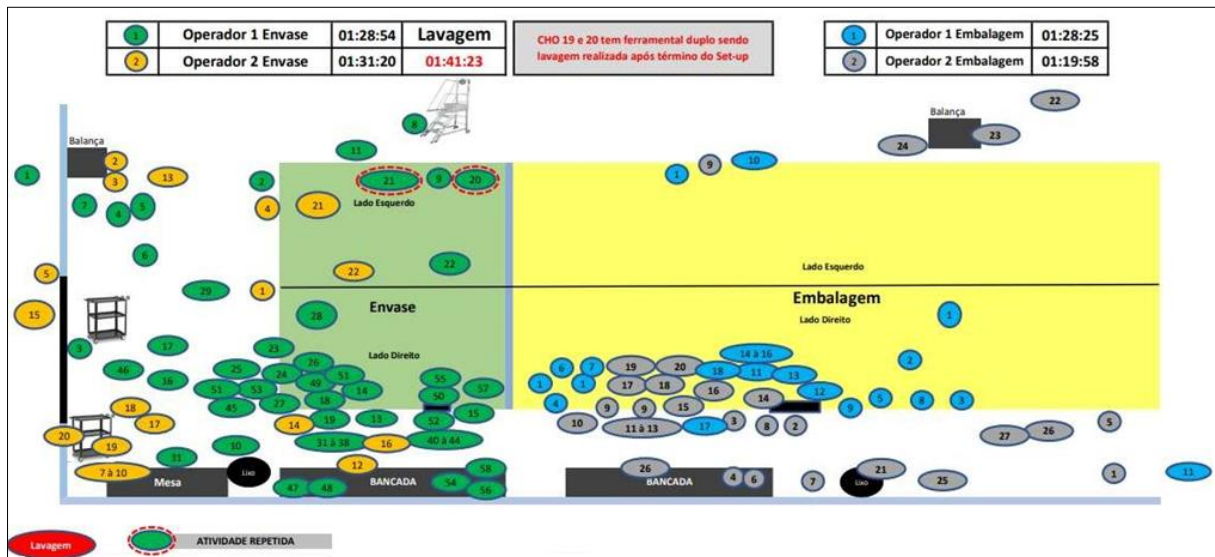


Figura 31: Trabalho padronizado

A aplicação prática do trabalho padronizado (Figura 31) possibilitou a identificação das atividades repetidas durante a análise.

4.13 Proposta de melhoria para o balanceamento e redução de setup

De acordo com os dados recolhidos na empresa, em colaboração com os operadores envolvidos, e com base nas observações efectuadas e no tempo obtido, foram enviados esforços para eliminar ajustes desnecessários, proporcionando maior precisão na operação e eliminando a utilização de ferramentas desnecessárias, que pode simplificar a preparação, minimizando a possibilidade de erros. O desenvolvimento da proposta é baseado em técnicas de mitigação SMED que buscam melhorar ou eliminar atividades sem valor agregado.

Quando se propõe reduzir os tempos de setup, propõe-se uma série de melhorias no funcionamento e uma sequência razoável de funcionamento. Aqui estão algumas das sugestões apresentadas.

- A necessidade de não embalar as peças quando desmontadas e a mangueira do aspirador para serem lavadas na área de lavagem. (16 minutos)
- Transferir os trabalhos de checagens para operador 3 do envase e operador 2 da embalagem.
- Iniciar o *setup* quando realmente todo o lote anterior estiver finalizado.
- Padronizar regulagens dos relógios para reduzir as atividades de tentativas e acertos. (Operador 1 embalagem repetiu inúmeras vezes ida ao painel e área de ajustes, em média 8 x).

Além das melhorias nas atividades de ajustes listadas acima, um ponto importante no *setup* da linha é a participação dos operadores na execução das atividades. As pessoas envolvidas conhecem o processo e o desenvolvimento delas na implantação das melhorias demonstra a importância que essas pessoas possuem para o bom funcionamento das atividades de *setup* e as compromete-as com a eficácia das mudanças propostas. Como os operadores já participavam dos ajustes não é necessário um treinamento mais aprofundado e sim apenas uma melhor orientação para a sequência ordenada das atividades.

4.14 Levantamento dos tempos proposta de melhorias

Apresentam-se as atividades com o balanceamento sugerido, para uma melhor distribuição das atividades e os tempos necessários para a implantação das melhorias sugeridas. Vale lembrar que o levantamento dos tempos pode ser visualizados nas Figuras e Tabelas a seguir, assim como o balanceamento das atividades propostas.

- **Envase:** Situação proposta: Operador 1 e 2

Tabela 15: Sequência de trabalho envase – OP1 e OP2

Atividade	Operador 1			Operador 2		
	Tempo	Acumulado	Atividade	Tempo	Acumulado	
1 IDENTIFICAÇÃO DO STATUS DA LÍNEA	00:00:18	00:00:18	1 RETIRAR BOBINA DE BUSTER DO LOTE ANTERIOR	00:00:39	00:07:07	
2 FAZER A LIBERAÇÃO DA LIMPEZA	00:00:26	00:00:44	2 PESAGEM DO RESÍDUO	00:00:29	00:06:28	
3 TRAZER CARROCHO PARA DENTRO CELULA	00:00:27	00:07:11	3 PESAGEM E FERRALAGEM BOBINA BUSTER	00:00:37	00:16:25	
4 ARRANHAR MANGUEIRA DO ASPIRADOR	00:00:13	00:07:24	4 REGISTRO PESOS BOBINA BUSTER	00:03:46	00:30:24	
5 ARRIBR SACO E RETIRAR MANGUEIRA	00:00:19	00:07:44	5 RETIRADA DOS SACOS DE RESÍDUOS LARANJA	00:05:19	00:31:40	
6 DESMONTAR MANGUEIRA	00:00:09	00:07:53	6 LIMPEZA DA ÁREA DO ENVASE	00:05:26	00:37:06	
7 CONECTAR MANGUEIRA	00:00:11	00:08:05	7 PREENCHER REGISTROS VIAS DOS CARTÕES DE FERRAMENTAS E DISPOSITIVO	00:08:23	00:35:31	
8 DISPONIBILIZAR ESCADA NA ÁREA ESQUERDA	00:00:11	00:08:18	8 PREENCHER REGISTROS 2	00:08:37	00:42:27	
9 LIMPEZA CABINE SUPERIOR ESQUERDO	00:01:50	00:10:08	9 PREENCHER CHECK LIST 1	00:02:29	00:45:09	
10 JONAR SACO PLÁSTICO VAZIO	00:00:57	00:11:06	10 PREENCHER CHECK LIST DA LIMPEZA	00:02:28	00:47:34	
11 LIMPEZA LATERAL ESQUERDA	00:00:36	00:11:42	11 TROCA DO OPERADOR	00:00:00	00:47:34	
12 LIMPEZA LATERAL ESQUERDA INTERNO	00:00:39	00:12:21	12 PREENCHER CHECK LIST ATIVIDADE REALIZADA	00:07:21	00:54:51	
13 LIMPEZA LATERAL DIREITO INTERNO	00:02:22	00:15:00	13 LACAR SACOS DE RESÍDUOS LARANJA	00:05:16	00:55:28	
14 LIMPEZA LATERAL DIREITO EXTERNO	00:00:40	00:15:50	14 TROCA BOBINA DE FECHAMENTO DO BUSTER	00:04:48	01:00:38	
15 ASPIRAR DENTRO DO COMPARTIMENTO DE GAVETAS	00:00:46	00:16:35	15 DESCARTE SACOS COM RESÍDUO	00:08:36	01:09:57	
16 SAIR DA ÁREA LATERAL DIREITA	00:00:01	00:16:38	16 MONTAR O EQUIPAMENTO DE ENVASAMENTO	01:07:17	01:16:00	
17 RETIRAR E COLOCAR PONTÉRIAS ASPIRADOR	00:00:52	00:18:55	17 FERRALAGEM PEÇAS COM	00:09:25	01:15:15	
18 ASPIRAR	00:00:25	00:19:16	18 DESMONTAR MANGUEIRAS DO ASPIRADOR	00:02:50	01:17:45	
19 ASPIRAR PARTE PORTA INTERNA DIREITA	00:00:45	00:19:01	19 TRANSPORTAR CARROCHO COM ITENS LIMPAJADOS ATÉ FORA DA ÁREA	00:01:28	01:18:53	
20 ASPIRAR PARTE SUPERIOR DO EQUIPAMENTO PELO LADO ESQUERDO	00:00:43	00:18:01	20 TRAZER CARROCHO VAZIO	00:01:31	01:18:03	
21 ASPIRAR PARTE INTERNA LADO ESQUERDO	00:00:42	00:18:27	21 LIMPEZA COM PANO UMEDECIDO COM ÁGUA POTÁVEL NAS PARTES	00:13:04	01:33:47	
22 ASPIRAR FUNEL PARTE SUPERIOR	00:00:30	00:19:37	22 ENVASAR MÁQUINA	00:02:50	01:36:46	
23 ASPIRAR COMPONENTES DO DIL. DOS (o desmontagem)	00:01:23	00:20:58				
24 RETIRADA DO CARRO FICADO DO BOLD DE BUSTER	00:00:21	00:21:20				
25 RETIRADA DO ROLO DE ALIMENTAÇÃO	00:02:29	00:23:49				
26 ASPIRAR PARTE DO ROLO ALIMENTADOR	00:02:38	00:26:17				
27 ASPIRAR PARTE INFERIORES LADO DIREITO	00:00:34	00:26:50				
28 ASPIRAR PARTE DO MEIO	00:00:20	00:27:10				
29 ARRANHAR MANGUEIRA	00:02:56	00:29:06				
30 LIMPEZA DA ÁREA DO ENVASE	00:05:26	00:34:32				
31 SECAJEM TESTE DE VAZÃO	00:01:21	00:35:53				
32 RETIRADA PEÇA DE CORTE DE BUSTER	00:00:11	00:36:09				
33 RETIRADA PEÇA CAMELETA	00:00:15	00:36:21				
34 RETIRADA PEÇA SUPORTE	00:00:14	00:36:35				
35 RETIRADA ROLO DE SELAGEM	00:00:15	00:36:46				
36 RETIRADA ROLO DE TRACÇÃO DE GLASA SUPERIOR	00:00:15	00:37:01				
37 RETIRADA PENDUO	00:00:45	00:37:46				
38 RETIRADA PEÇAS IMTIDE SUPERIOR A, B, INFERIOR, GLASA SAÍDA DOS MOULDES	00:00:41	00:38:27				
39 PREENCHER SACO DE GAVETA TUDO MONTADO	00:00:00	00:38:27				
40 REMOVER PARA PISO INTERNO	00:01:13	00:39:40				
41 SOLTAR ROLO DE TRACÇÃO 1	00:00:20	00:39:50				
42 SOLTAR ROLO DE TRACÇÃO 2	00:00:17	00:40:07				
43 SOLTAR ROLO DE TRACÇÃO 3	00:01:20	00:41:18				
44 MONTAGEM DA BOLO	00:01:05	00:42:23				
45 ELIMINAR COBERTURA	00:00:38	00:43:01				
46 RETIRAR CARROCHO DA SALA DE ENVASE	00:00:14	00:43:14				
47 TROCAR FICHAS	00:00:14	00:43:28				
48 DAR UM VITTO INSTRUÇÃO NA PAREDE	00:01:06	00:44:34				
49 ARRANJAR ROLO DE BUSTER	00:00:14	00:45:28				
50 INDICAR INFORMAÇÃO NO PAINEL	00:04:03	00:49:31				
51 INSTALAR ROLO DE BUSTER	00:02:39	00:51:10				
52 TROCAR EQUIPAMENTO	00:04:38	00:55:48				
53 TROCA DO ROLO DE BUSTER COM A MARCA DE META	00:00:38	00:56:26				
54 TESTE DE CARTELA	00:02:25	01:00:51				
55 AJUSTAR PARÂMETRO EQUIPAMENTO NO PAINEL	00:00:27	01:01:18				
56 REALIZAR TESTE DE MICRO FLUO NO COMPARTIMDO	00:05:40	01:07:58				
57 DEMARCAÇÃO DO BUSTER NA MÁQUINA	00:08:01	01:26:59				
58 TESTE DE VEDAÇÃO	00:07:21	01:34:20				

- **Envase:** Situação proposta: Operador 3

Tabela 16: Sequência de trabalho envase Op3

Sequencia de Trabalho SET-UP ENVASE			MODELO	ÁREA	
			CHO 19	OPERADOR 3	
No Elemento	Código	Descrição do Elemento	Tempo OP seg	Tempo andar e transporte	Tempo Máquina
1	BKM	PESAGEM DO RESIDUOS	00:05:42	00:00:46	
2	BKM	TROCA DE BOBINA DE BLISTER	00:00:19	00:00:20	
3	BKM	PESAGEM E EMBALAGEM BOBINA BLISTER	00:08:05	00:01:27	
4	BKM	REGISTRO PESOS BOBINA BLISTER	00:01:20	00:02:26	
5	BKM	RETIRADA DOS SACOS DE RESIDUOS LARANJA	00:00:48	00:00:28	
6	BKM	ESPERA DO OPERADOR	00:00:00	00:00:05	00:00:40
7	BKM	PREENCHER CHECK LIST ATIVIDADE REALIZADA	00:07:17	00:00:04	
8	BKM	LACRAR SACOS DE RESIDUOS LARANJA	00:00:26	00:00:08	
9	BKM	TROCA BOBINA DE COVER DO BLISTER	00:02:34	00:01:34	00:00:40
10	BKM	DESCARTE SACOS COM RESÍDUOS	00:00:47	00:02:48	
11	BKM	LIMPEZA COM PANÓ UMEDECIDO COM AGUA POTAVEL NAS PARTES	00:00:25	00:02:00	00:10:39
12	BKM	ENVASAR MAQUINA	00:02:19	00:00:40	
			00:30:01	00:12:46	00:11:59
			00:54:45		

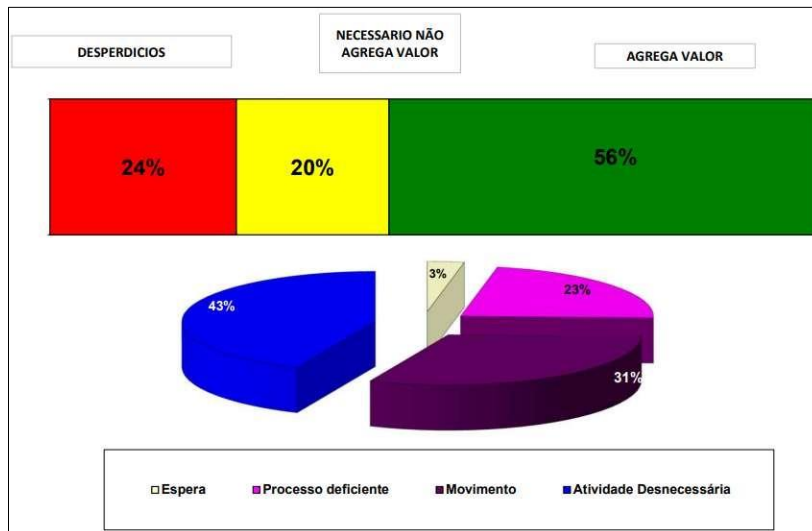


Figura 32: Análise do processo proposto – OP3

- Embalagem: Situação proposta: Operador 1

Tabela 17: Sequência de trabalho embalagem Op1

Sequencia de Trabalho SET UP EMBALAGEM			MODELO CHO 19	ÁREA OPERADOR 1	
No Elemento	Código	Descrição do Elemento	Tempo OP seg	Tempo andar e transporte	Tempo Máquina
1	BKM	RETIRADA DAS CAIXAS DE ACUMULOS			
2	BKM	ANOTAR NA ETIQUETA A QUANTIDADE			
3	BKM	RETIRADA DE EMBALAGENS			
4	BKM	ANOTAR NA FICHA DE DEVOLUÇÃO			
5	BKM	LIMPEZA DA PARTE INTERNA	00:00:12	00:02:43	00:05:17
6	BKM	LIMPEZA PARTE INTERNA DE EMBALAGEM	00:00:00	00:00:20	00:03:50
7	BKM	DAR UM OK NAS INSTRUÇÕES			
8	BKM	FAZER CHECAGEM			
9	BKM	FAZER CHECAGEM DA LIMPEZA			
10	BKM	RECEBER O MATERIAL DA NOVA ORDEM	00:00:05	00:00:43	
11	BKM	COLOCAR ROLOS DE ETIQUETAS NO SUPORTE	00:08:02	00:00:40	
12	BKM	TROCAR PLACA LINHA B	00:07:15	00:03:00	
13	BKM	DESEMBALAR CAIXAS PROXIMO MEDICAMENTO	00:00:00	00:00:10	
14	BKM	ALIMENTAR MAQUINA CAIXAS MEDICAMENTO PROXIMO LOTE	00:00:53	00:00:18	
15	BKM	REGISTRAR CAIXA COM ESCANER	00:00:00	00:00:14	
16	BKM	CONFERIR CODIGO ANTARES DO CARTUCHO E BULA LADO DIR	00:08:29	00:01:16	
17	BKM	CONFERIR CODIGO ANTARES DO CARTUCHO E BULA LADO ESQ	00:00:23	00:00:27	
18	BKM	FAZER TESTE LVS	00:00:48	00:02:20	
19	BKM	CONFERIR CODIGO DO CARTUCHO COM A BULA NO PAINEL DA MAQUINA	00:01:10	00:00:36	
20	BKM	RETIRAR E DESCARTE DA CAIXA E BULA TESTE DE REGULAGEM	00:01:12	00:01:00	
21	BKM	CALIBRAÇÃO DINÂMICA 1	00:11:00	00:01:25	
22	BKM	RETIRAR CARTELAS DAS CAIXAS TESTES	00:01:07	00:00:10	
23	BKM	CALIBRAÇÃO DINÂMICA 2	00:14:15	00:02:05	
24	BKM	RETIRAR CARTELAS DAS CAIXAS TESTES 1	00:01:07	00:00:10	
25	BKM	LIMPAR MAQUINA E LIBERAÇÃO	00:03:43	00:00:04	00:01:55
			00:59:41	00:17:41	00:11:03
			01:28:25		

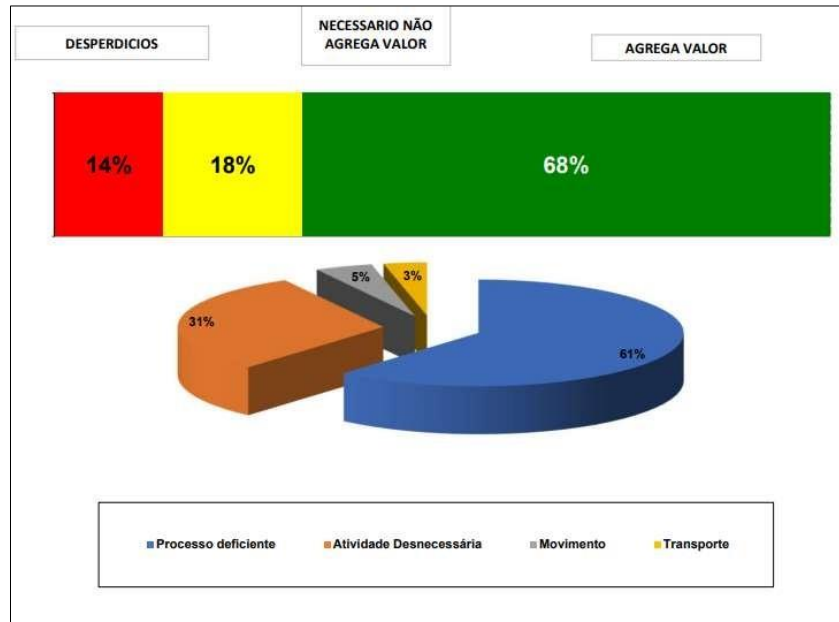


Figura 33: Análise do processo proposto – OP1

- Embalagem: Situação proposta: Operador 2

Tabela 18: Sequência de trabalho embalagem Op2

Sequencia de Trabalho SET UP EMBALAGEM			MODELO	ÁREA	
			CHO 19	OPERADOR 2	
No Elemento	Código	Descrição do Elemento	Tempo OP seg	Tempo andar e transporte	Tempo Máquina
1	BKM	TROCAR STATUS DA LINHA PARA SETUP	00:00:07	00:00:24	
2	BKM	IDENTIFICAR O STATUS DA LINHA	00:01:10	00:00:03	
3	BKM	RETIRADA DAS CAIXAS DE ACUMULOS	00:01:09	00:00:28	
4	BKM	ANOTAR NA ETIQUETA A QUANTIDADE	00:00:26	00:00:08	
5	BKM	RETIRADA DE EMBALAGENS PARA DEVOLUÇÃO	00:00:23	00:01:50	
6	BKM	ANOTAR NA FICHA DE DEVOLUÇÃO	00:00:19	00:00:04	
7	BKM	DAR UM OK NAS INSTRUÇÕES	00:00:40	00:00:30	
8	BKM	FAZER CHECAGEM	00:01:40		
9	BKM	FAZER CHECAGEM DA LIMPEZA	00:16:48	00:01:37	
10	BKM	TROCAR FERRAMENTAIS PARAMETROS DO RELOGIO	00:01:17	00:00:02	
11	BKM	AJUSTE DO SUPORTE 1	00:00:42		
12	BKM	TROCAR PEÇAS INTERNAS	00:02:55	00:01:42	00:00:25
13	BKM	AJUSTE DO SUPORTE 2	00:00:44	00:00:04	
14	BKM	PROGRAMAR A ALIMENTAÇÃO DE BULAS	00:02:48	00:00:10	
15	BKM	PARAFUSAR ITENS INTERNOS	00:15:34	00:01:01	00:03:52
16	BKM	REGULAGEM DAS GUIAS DAS CAIXAS	00:00:17	00:00:12	
17	BKM	ALIMENTAR CAIXAS MEDICAMENTOS	00:03:40	00:00:33	
18	BKM	ALIMENTAR BULAR	00:01:22	00:00:20	
19	BKM	ACERTAR CAIXAS	00:00:02		
20	BKM	REGULAGEM DA ALTURA	00:04:27	00:00:17	
10	BKM	RETIRAR LIXO	00:01:02	00:00:40	
11	BKM	LEVAR LIXO PARA FORA	00:00:19	00:01:00	
12	BKM	PESAR O DESCARTE	00:00:57		
15	BKM	IDENTIFICAR DESCARTE	00:00:19	00:00:47	
18	BKM	TROCA DE DOCUMENTO DA PAREDE	00:00:07	00:01:02	
26	BKM	PREENCHER DOCUMENTO ME-012	00:02:40		
27	BKM	POSICIONAR PALETE	00:00:00	00:00:45	
28	BKM	ABASTECER COM CAIXA DE PAPELÃO	00:00:00	00:00:08	
			01:01:54	00:13:48	00:04:17
			01:19:58		

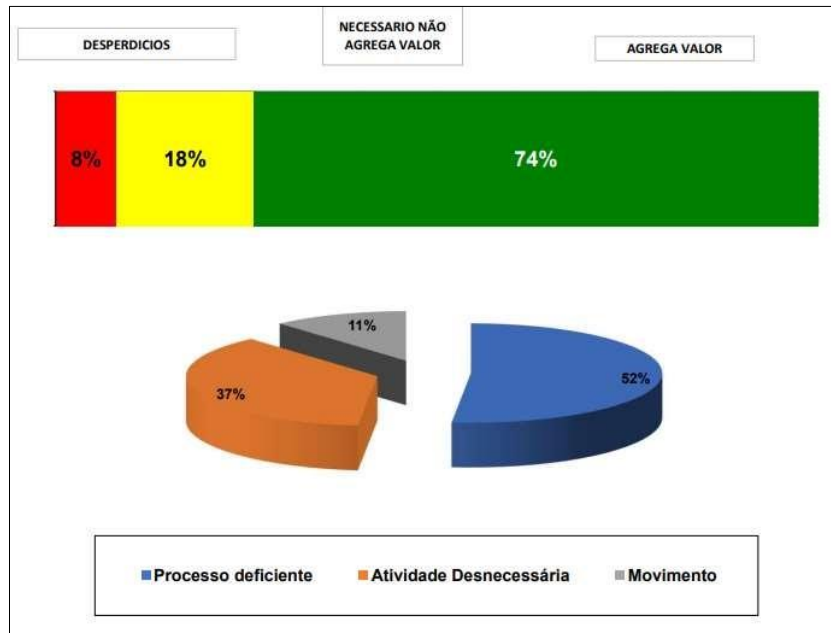


Figura 34: Análise do processo proposto – OP2

As análises mostram o que é possível fazer e é possível reduzir após a implantação das melhorias sugeridas. O objetivo é apresentar os tempos com as reduções implantadas.

4.15 Resultados e discussões

Os indicadores de resultados no SMED podem ser demonstrados na Figura 35, medindo o tempo de configuração antes e depois das melhorias sugeridas, e o indicador do tempo de *setup* é fácil de verificar. Cabe lembrar que todas as propostas de melhorias são feitas de acordo com o conceito SMED. São ideias simples que não precisam ser caras, permitindo uma redução significativa no tempo de implementação. No curto prazo, a aplicação de medidas simples pode reduzir significativamente a instalação de linhas ou máquinas, enquanto no médio e longo prazo, implementando o método e o tempo certos, essa redução pode ser alcançada ainda maior. Ao comparar os dados antes e depois da análise, podemos visualizar a aplicabilidade e eficácia da redução do tempo de troca de dispositivos.



Figura 35: Processo atual x proposto

Comparando os dados de antes e depois da análise, na Figura 36 pode-se visualizar a aplicabilidade e a eficiência na redução dos tempos de troca dos equipamentos.

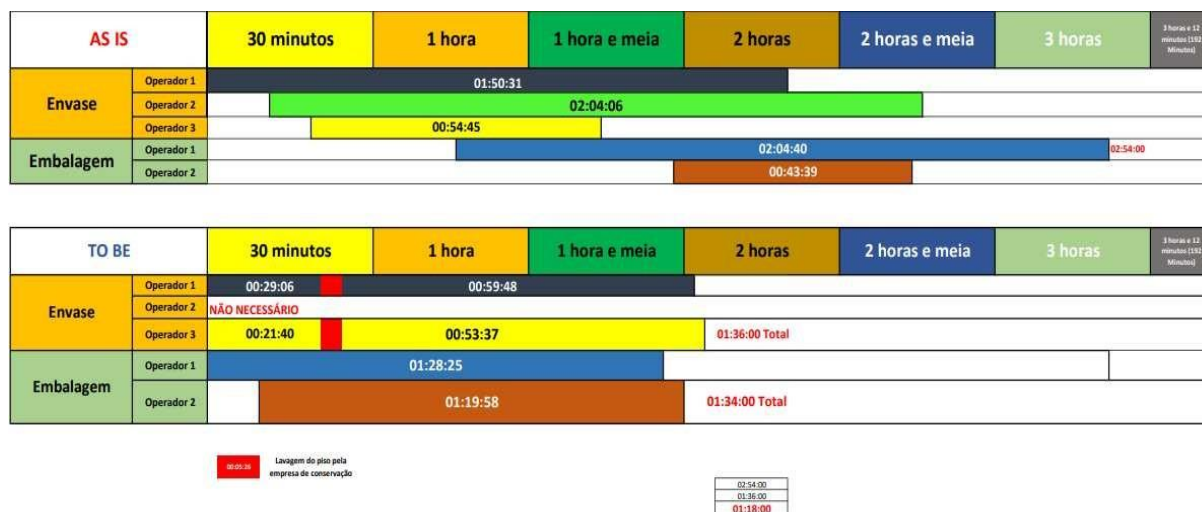


Figura 36: Análise do processo atual x proposto - Gantt

No processo de envase observa-se que tivemos uma redução nas atividades do operador 1, além de uma redistribuição das atividades com o operador 3, sendo possível a eliminação do operador 2. As operações que eram realizadas pelo primeiro operador, após implantação do MTM foram subdivididas com o operador 3. Percebeu-se que neste posto o operador realizava atividades que deixava seu tempo de ciclo elevado. No primeiro posto havia operações desnecessárias, que exigiam tempo elevado para fazê-las, com um conhecimento do processo foi adequado implantar a técnica e eliminar essas atividades, saindo de um tempo de 110 minutos e 31 segundos para 88 minutos e 54 segundos, uma redução de 21,76%.

O operador 2 realizava a continuação do primeiro posto: (a) efetua limpeza; (b) embala (c) desmonta; (d) preenche; (e) transporta; (f) organiza. Com essa divisão de atividades, conseguiu-se dividir entre o operador 1 e o operador 3. Sendo possível obter o ganho total do posto que era de 124 minutos e 06 segundos, e eliminar o operador da atividade.

O terceiro operador recebeu atividades do primeiro e do segundo. Dividiu-se as atividades em dois postos de montagem apenas, passando de 54 minutos e 54 segundos para 96 minutos, aumentando em 43% a taxa de ocupação.

Na embalagem o primeiro operador foi transferido algumas de suas atividades para o operador 2, sendo possível fazer um balanceamento e reduzir o seu tempo de atividade, passando de 124 minutos para 88 minutos e 25 segundos, uma redução de 35,7%.

O segundo operador da embalagem recebeu atividades do operador 1, sendo assim possível aumentar sua taxa de utilização, passando de 39 minutos e 43 segundos, para 79 minutos e 58 segundos, um aumento de 40,1% nas suas tarefas.

A seguir a Tabela 19 demonstra o tempo de ciclo atual para o setup da linha CHO 19 e o tempo de ciclo após aplicação do MTM.

Tabela 19: Demonstração do tempo de ciclo - resultados

		Atual		Proposta		Ganhos		
		T. Ciclo (min)	Nº Oper.	T. Ciclo (min)	Nº Oper.	T. Ciclo (min)	%	Nº Oper.
Envase	Operador 1	110,3	1	88,54	1	-21,76	25%	0
	Operador 2	124,06	1	0	0	-124,06	100%	1
	Operador 3	54,54	1	96	1	41,46	-43%	0
Embalagem	Operador 1	124	1	88,25	1	-35,75	41%	0
	Operador 2	39,43	1	79,58	1	40,15	-50%	0
		452,33	5	352,37	4	-99,96	71%	1

Com isso, podemos fazer uma avaliação geral e notar que temos uma redução de 99 minutos e 96 segundos no tempo de ciclo para fazer o setup, o que representa uma redução de 71% no tempo total de todas as atividades, além de reduzir o número de operadores necessários de 05 operadores no processo atual para 04 na proposta, o que representa o ganho de 01 operador, ou 20%.

5. CONCLUSÃO

A metodologia MTM pode ser vista como apenas uma tabela de tempos, como tal, não aumenta a produtividade. Porém, a necessidade de detalhar as tarefas no processo de análise faz com que sejam identificados aqueles pequenos desperdícios que trespagam despercebidos durante outros processos de desenvolvimento e assim, criam uma base sólida para a implementação de melhorias. A necessidade de detalhamento das tarefas resulta na carga de esforço necessária para realizar as análises, o que vem sendo minimizado com os atuais desenvolvimentos dessa metodologia, na qual foram desenvolvidas tabelas para diferentes níveis de métodos.

Após a realização deste trabalho, concluiu-se que a metodologia MTM é uma ferramenta útil para planejar e organizar o trabalho dos operadores, podendo ser combinada com outros métodos aplicados pelas empresas para obter melhorias significantes de produtividade.

Durante os estudos, foi possível notar e fazer algumas conclusões que podem ser acrescentadas:

- Os colaboradores não devem trabalhar mais, mas sim de forma eficiente, ou seja, a metodologia MTM não visa reduzir o tempo que o operador leva para realizar uma atividade específica, mas sim eliminar movimentos desnecessários e demorados;
- O principal fator decisivo para o sucesso do comprovado na aplicação do método MTM é uma política da empresa apoiada pela alta administração, que apoie e implante uma estrutura de dados e treinamento para os envolvidos.

Os objetivos foram alcançados, pois só é possível desenvolver um modelo de priorização, baseado na necessidade e demanda correspondente, além de poder identificar os ganhos com a implementação do MTM. Sempre orientado pelos objetivos, foi possível estabelecer uma relação, através de uma aplicação prática, do MTM.

Esse trabalho contribui para que engenheiro, analistas e gestores envolvidos com engenharia e gestão industrial, e que trabalham em condições similares relacionadas às questões de excelência operacional, possam identificar os principais pontos de melhorias que podem ser trabalhados com o auxílio das ferramentas do MTM.

Este estudo não se limita apenas ao trabalho desenvolvido e não esgota as possibilidades de se realizar novos trabalhos na mesma linha, e que podem contribuir para complementar os resultados obtidos da aplicação do MTM no *setup* e melhorar continuamente os processos.

RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho procura responder às questões apresentadas pelo objetivo do mesmo, porém não esgotam o assunto. Neste sentido, pode-se sugerir outros temas que complementam os resultados obtidos até o momento, entre os quais:

- Realizar estudo comparativo entre MTM e outros métodos de tempos pré-determinados;
- Pesquisar e analisar alternativas de aplicação da metodologia MTM não apresentadas por este trabalho;
- Desenvolver método de tempos pré-determinados para atividades mentais;
- Analisar a combinação de softwares de simulação com a metodologia MTM;
- Analisar a combinação de outras ferramentas (exemplo, pesquisa operacional) com a metodologia MTM;
- Estudar impactos psicológicos da implantação de metodologias de tempos pré-determinados em diferentes culturas;
- Verificar e estudar o aumento de produtividade com outras metodologias de tempos pré-determinados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, Denis Leandro de. *Análise da aplicação do método MTM em empresas de manufatura: estudos de caso*. 2008. 159f. Dissertação do curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Santa Catarina
- BARNES, R. M. *Estudo de movimentos e tempos: projeto e medida de trabalho*. São Paulo: Edgard Blucher, 1977
- BAYHA, F.B.; KARGER, Delmar W. *Engineered work measurement*, industrial press, New York, 1977
- CARAGNANO G; LAVATELLI I. *ERGO-MTM Model: An integrated approach to set working times based upon standardized working performance and controlled biomechanical load*. Milan, Italy, 2012
- COELHO, Pedro. Lean Manufacturing (Manufatura Enxuta) e a redução de desperdícios na Indústria. Eng. Química. Santos. Sp, 2020. Disponível em: <https://www.engquimicasantosp.com.br/2020/02/lean-manufacturing-manufatura-enxuta.html>. Acesso em: 01 jun. 2023.
- COIMBRA, Euclides. *Total flow management: achieving excellence with kaizen and lean supply chains*. Kaizen Institute, 2009
- DRUCKER, Peter Ferdinand., *Management: Tasks, Responsibilities, Practices*. London: Heinemann, 1974. GIL, A. C. *Como Elaborar Projetos de Pesquisa.*, 4. ed., São Paulo: Atlas, 2002
- ELIYAHU M. Goldratt, *The GOAL (Theory of Constraints)*.
- FOGLIATTO, F. S. FAGUNDES, P. R. M. *Troca rápida de ferramentas: proposta metodológica e estudo de caso*. Gest. Prod. vol.10 n..2 São Carlos: Ago. 2003
- J. PINTO, *Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras*, LIDEL Edições Técnicas, Lda, 2009.
- JUNIOR, L. C. de A. R., *Análise do posto de trabalho com aplicação do MTM como ferramenta para padronização do tempo*. 2012. 134f. Dissertação do curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica – Universidade de Taubaté
- LEAN Institute Brasil. (2007). *Léxico Lean: Glossário ilustrado para praticantes do Pensamento Lean (2a)*. Lean Enterprise Institute.
- LIKER, J. K. (2007). *O modelo Toyota: 14 Princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. Bookman. Liker, J. k., & Franz, J. K. (2013). *O modelo Toyota de Melhoria contínua*. Bookman.
- MAYNARD, H. B. *Manual de Engenharia de Produção: Seção 5 - Padrões de Tempos elementares pré-determinados-determinados*. Editora Edgard Blücher. São Paulo, 1970. Cap. 2, Sistema MTM (Methods-Time

Measurement)

- MENEGON, D. NAZARENO, R. R. RENTES, A. F. *Relacionamento entre desperdícios e técnicas a serem adotadas em um Sistema de Produção Enxuta*. XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção - Ouro Preto, MG, Brasil, 21 a 24 de out de 2003
- MIKE Rother, Rick Harris, 2001: *Creating Continuous flow, an action guide for managers, engineers & production associates*
- MOREIRA, D. *Administração da produção e operações*. São Paulo: Pioneira Editora, 1998
- MUTHER, Richard - *Planeamento do layout: sistema SLP*. São Paulo: Edgard Blücher, 1978. SUGAI, M., Avaliação do uso do MTM (Methods-time measurement) em uma empresa Metal-Mecânica. 2003. 115f. Dissertação do curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual de Campinas, SP
- OHNO, T. *O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Bookman, 1997
- PINTO, C. F. (2014). *Em busca do cuidado perfeito: Aplicando Lean na saúde*. Lean Institute Brasil. Pinto, J. P. (2014). *Introdução ao Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras*. Lidel.
- RICK HARRIS, Chris Harris and Earl Wilson, *Making Materials Flow*
- SC. BARNES, Ralph Mosser. *Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho*. 13^o reimpr. São Paulo: Blucher, 2013. Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho., 6^o ed. Americana, 1900. 635p
- SHINGO, S. *Sistema de troca rápida de ferramenta: uma revolução nos sistemas produtivos*. Porto Alegre: Bookman, 2000
- SLACK, N., CHAMBERS, S., JOHNSTON, R. *Administração da produção*. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2002
- SLACK, N. C. S. J. Robert. A. (2009). *Administração da Produção* (3ed ed.). Atlas.
- SLACK, Nigel; LEWIS, Michael. *Operations Strategy*. London, England, 2011
- SPAGNOL, G. S., Calado, R. D., Sarantopoulos, A., & Min, L. L. (2018). *Lean na prática*. United States by Global South Press Inc. TM., 1.
- SUGAI, M., NOVASKI, O.; *MTM como ferramenta para redução de custos – O Taylorismo aplicado com sucesso nas empresas de hoje*. Revista de Produção online, Volume 2, número 2, Florianópolis, Out de 2002
- TAYLOR, F. W. *Princípios de administração científica*. 8 ed. São Paulo: Atlas, 1990.

- TAIICHI Ohno. (1997). *O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala* (1st ed.). Bookman.
- TIWARI, K. V., & Sharma, S. K. (2022). *The Impact of Productivity Improvement Approach Using Lean Tools in an Automotive Industry*. Process Integration and Optimization for Sustainability. <https://doi.org/10.1007/s41660-022-00252-4>
- TUBINO, D. F. *Sistemas de produção: a produtividade no chão de fábrica*. Porto Alegre: Bookman, 19
- WOMACK, J., Jones, D., & Roos, D. (2004). *A Máquina que mudou o mundo* (10th ed.). Elsevier.
- WOMACK, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. Free Press.
- YASUHIRO Monden. (2015). *Sistema Toyota de Produção: Uma abordagem integrada ao Just-in-Time*. Bookman.

ANEXO A – ANÁLISE MTM

MTM - Analyse							
[]Planungsanalyse [X]Ausführungsanalyse							
MTM	Kode	BADICBEV030					
	Bezeichnung	Lichtleiter in Deckel montieren					
	Beginn	mit dem Hinlangen zum Deckel					
	Inhalt	Deckel auspacken, Sichtkontrolle, Deckel in Vorrichtung einsetzen, 2x Lichtleiter montieren, Handhebelpresse (HHP) auslösen, Rückweg zu Station 010					
	Ende	mit dem letzten Schritt des Rückweges zu Station 010					
Begrenzung							
Nr.	Bezeichnung	A x H	Kode	TMU	Kode	A x H	Bezeichnung
1				13,9	R55A		Hinlangen zum verpackten Deckel
2	Hinlangen zur Unterseite		R-A)	2,0	G1A		Greifen verpackten Deckel
3	Greifen Unterseite		G1A)	15,6	M40B		Bringen vor Körper
4				6,0	RL1	1 x 3	Loslassen 1./ 2. Griffstelle
5				23,4	R20A	1 x 3	Umgreifen 2. / 3. Griffstelle
6				6,0	G1A	1 x 3	Umgreifen 2./ 3. Griffstelle
7				16,8	G2	1 x 3	Umgreifen 2./ 3. Griffstelle
8	Mitführen der Hand		M-B)	31,5	M20B	1 x 3	Umlegen des verpackten Deckels
9	Loslassen Folie		RL1	2,0			
10	Hinlangen freigelegtes Deckel		R10A	6,1			
11	Greifen freigelegter Deckel		G1A	2,0			
12	freigelegter Deckel aus Folie nehmen		M10B	6,8	G2		Umgreifen zur Folie
13				15,6	M40B		Folie zur Kiste bringen
14				2,0	RL1		Folie loslassen
15				21,9	EF	1 x 3	Sichtkontrolle Oberfläche Deckel 10x30cm
16				7,6	ET10/40	1 x 2	Blickverschieben
17	Bringen Deckel zur Vorrichtung		M60C)	25,2	R-A		Hinlangen zum Deckel
18			T480S)		G1A		Greifen des Deckels
19	Deckel ansetzen, Vorrichten während Bringen		P2SSE	19,7	P2SSE		Deckel ansetzen, Vorrichten während Bringen
21	Loslassen Deckel		RL1	2,0	RL1		Loslassen Deckel
22	Hinlangen Lichtleiter li		R30C	14,1	R30C		Hinlangen Lichtleiter re
23	Greifen Lichtleiter li		G4B	9,1			
24				9,1	G4B		Greifen Lichtleiter re
26	Bringen zur Vorrichtung		M30C)	15,1	(M-B		Bringen in Nähe Vorrichtung
25	Nachgreifen Lichtleiter li		G2)		(G2		Nachgreifen Lichtleiter re
27	Fügen Lichtleiter li, 1. Seite		P1SSE	9,1			
	Fügen Lichtleiter li, 2. Seite		P2SSE	19,7			
29	Loslassen Lichtleiter li		RL1)	4,5	M4C		Bringen zur Vorrichtung
30	Hinlangen zum Griff HHP		R-A)	9,1	P1SSE		Fügen Lichtleiter re, Finger versetzen, 1. Seite
				25,3	P2SSD		Fügen Lichtleiter re, Finger versetzen, 2. Seite
31	Greifen Griff HHP		G1A	2,0	RL1		Loslassen Lichtleiter re
33	Unterschieben HHP		M10A)	13,0	R50A		Hinlangen zum Hebel HHP
34				2,0	G1A		Greifen des Hebels HHP
35				11,5	M26A		Hebel umlegen HHP
36	Vorziehen HHP		M-A)	11,5	M26A		Hebel zurück HHP
37	Loslassen Griff HHP		RL1	2,0	RL1		Loslassen Hebel HHP

ANEXO B - HISTÓRICO DOS TEMPOS PRÉ-DETERMINADOS. ADAPTADO DE MAYNARD (2001), SUGAI (2003) E MTM (2005)

Período	Etapa de Desenvolvimento
1760	O francês, M. Perronet é mencionado por seus estudos sobre a fabricação de alfinetes e ocorre o primeiro registro de uma tentativa organizada de estudar métodos de trabalho.
1830	Charles Babbage faz determinações de tempo semelhantes, também relacionadas com a fabricação de alfinetes.
1883	F. W. Taylor contribui com uma nova abordagem para o assunto ao subdividir uma tarefa em operações elementares. A ele é devida a primeira determinação analítica de métodos de trabalho assim como a expressão estudo de tempos.
1911	Charles E. Bedaux faz experiências no sentido de encontrar uma unidade comum para medir todo trabalho físico do homem, unidade conhecida como unidade Bedaux de medida de trabalho ou simplesmente "B".
1912	Frank B. Gilbreth e Dra. Lillian M. Gilbreth apresentam à American Society of Mechanical Engineers (ASME) um aprimoramento da técnica original de estudos de movimentos que denominaram de estudos de micro movimentos.
Anos 20	- Informações referentes ao MTA (<i>Motion Time Analysis</i>) publicados em 1924, por A. B. Segur. - Rudolf Thun (Berlim) publica "Sugestões para o desenvolvimento de um sistema de tempos pré-determinados".
1930	Allan H. Mogensen define a simplificação do trabalho como sendo a aplicação organizada do senso comum, na procura de maneiras melhores e mais fáceis de executar todo e qualquer trabalho, desde eliminação de movimentos desnecessários em pequenas operações manuais até a completa reformulação do arranjo físico da fábrica.
Anos 30, 40 e 50	Início do desenvolvimento, publicações e primeiras aplicações sobre: - WF (<i>Work Factor</i>). Primeira publicação: " <i>Motion and Time Standards</i> " por J. H. Quick, W. J. Shea e R. E. Koehler, no <i>Factory Management and Maintenance</i> Vol. 103, n. 5 em 1938. - MTM (<i>Methods Time Measurement</i>). Primeira publicação: " <i>Methods-Time Measurement</i> " por H. B. Maynard, G. J. Stegemerten e J. L. Schwab. McGraw-Hill Book Co., Nova Iorque em 1948. - MTS (<i>Motion Time Survey</i>) - BMT (<i>Basic Motion Time</i>). Manuais publicados por J. D. Wods & Gordon Ltda, Toronto Canadá em 1950, tendo sido desenvolvido por Ralph Presgrave, G. B. Bailey e J. A. Lowden. - DMT (<i>Dimensional Motion Time</i>)
Anos 60	Publicações e início do desenvolvimento dos dados de: - MTM-SD (<i>Standard-Daten</i>) - MTM-2 - MTM-3
Anos 70	Publicações e início do desenvolvimento dos dados de: - MTM-BSD (<i>Büro-Sachbearbeiter-Daten</i>) - MTM-UAS (<i>Universelles Analysier-System</i>) - MTM-MEK (MTM <i>für die Einzel- und Kleinserienfertigung</i> – MTM para produção individual e em pequenas séries)
Anos 80	Publicações sobre os módulos específicos de UAS e MEK
Anos 90	Publicações sobre: - PROKON (Engenharia de produto adequada à produção) - MTM Controle visual

ANEXO C - NÍVEL DE MÉTODO, SEGUNDO MAYNARD. FONTE: MAYNARD (2001)

Repetitividade da tarefa ou classe de trabalho	Atenção humana	Vida da tarefa, [meses]	Tipo de estudo indicado
Alta	Alta	Superior de 12	1
		6 a 12	1 ou 2
		Inferior a 6	2 ou 3
	Média	Superior de 12	1 ou 2
		6 a 12	2 ou 3
		Inferior a 6	3
	Baixa	Superior de 12	2
		6 a 12	2 ou 3
		Inferior a 6	3
Média	Alta	Superior de 12	2
		6 a 12	2 ou 3
		Inferior a 6	3
	Média	Superior de 12	2 ou 3
		6 a 12	3
		Inferior a 6	3 ou 4
	Baixa	Superior de 12	3 ou 5
		6 a 12	3, 5 ou 6
		Inferior a 6	6
Baixa	Alta	Superior de 12	3 ou 4
		6 a 12	3, 4 ou 5
		Inferior a 6	3 ou 5
	Média	Superior de 12	3, 4 ou 5
		6 a 12	3 ou 5
		Inferior a 6	3, 5 ou 6
	Baixa	Superior de 12	3 ou 5
		6 a 12	3, 5 ou 6
		Inferior a 6	6
Mínima	Alta	Inferior a 6	5
	Média	Inferior a 6	5 ou 6
	Baixa	Inferior a 6	6

ANEXO D - NÍVEL DE MÉTODO, SEGUNDO MTM. ADAPTADO DE: MTM (2005)

Organização do Trabalho	Informações do pedido	Elementos de movimentos	Seqüências de movimentos	Passos de trabalho	Ordem de fabricação	Fabricação completa
	Produtibilidade	Seqüência operacional de ciclos curtos	Seqüência operacional de ciclos longos	Local de trabalho com poucas variações	Local de trabalho múltiplo	Área especializada
	Organização do material	Princípio trazer	Princípio trazer	Princípio de buscar com disponibilização	Princípio de buscar	Princípio de localizar
	Local de Trabalho	Configurado detalhadamente somente para uma seqüência operacional	Configurado detalhadamente para variantes	Local de trabalho padrão	Local de trabalho universal	Configurado livremente
	Tolerâncias c/ relação às distâncias	$\leq \pm 2,5\text{cm}$	$\leq \pm 7,5\text{cm}$	$> \pm 7,5\text{cm}$	$> \pm 7,5\text{cm}$	$> \pm 7,5\text{cm}$
Situação dos pedidos		Nível de Método				
Tipo de Fabricação	Freqüência de repetição de ordens semelhantes por mês X Quantidade média de peças por lotes					
Massa e/ou séries	> 200	MTM-1	SDB	UAS		
Série pequena ou individual	≤ 200				MEK	

**ANEXO E - DESCRIÇÕES E EXEMPLOS DE NÍVEL DE MÉTODO, SEGUNDO MTM.
ADAPTADO DE MTM (2005)**

Nível de dados	Objetivo	Objeto de Trabalho	Meios Operacionais (máquinas, dispositivos, ferramentas e meios auxiliares)
1 – Movimento básico	Um movimento básico (único) sem a possibilidade de subdividi-lo mais uma vez	A – Pegar, mover, posicionar, etc. um objeto. B – Pegar um parafuso.	A – Pegar, mover, posicionar, etc. Um meio auxiliar. B – Pegar o martelo
2 – Seqüência de movimentos	Uma seqüência de movimentos básicos	A – Apanhar um objeto ou coloca-lo no lugar B – Apanhar um parafuso	A – Apanhar uma vez um meio auxiliar, ou então coloca-lo no lugar. B – Apanhar o martelo
	Execução simultânea de movimentos básicos	A – Apanhar vários objetos simultaneamente e coloca-los no lugar B – Apanhar parafuso e arruela simultaneamente	A – Apanhar simultaneamente vários meios auxiliares, ou coloca-los no lugar. B – Apanhar o martelo + formão simultaneamente
		A – Manusear simultaneamente o objeto e meio auxiliar B – Apanhar martelo e prego simultaneamente	
3 – Operação básica	Um manuseio ou então uma aplicação (procedimento único)	A – Manusear uma vez um objeto B – Apanhar o parafuso e alinha-lo	A – Manusear ou usar uma vez um meio auxiliar B – Apanhar o martelo, alinhar e guardar.
	Um manuseio ou aplicação simultâneo	A – Manusear simultaneamente vários objetos B – Apanhar simultaneamente parafuso e arruela e encaixar arruela no parafuso	A – Manusear ou aplicar, simultaneamente, vários meios auxiliares. B – apanhar simultaneamente martelo e formão, alinhar em seqüência, guardar.
		A – Manusear simultaneamente o objeto e meio auxiliar B – Apanhar martelo e prego simultaneamente e alinhar o prego, guardar o martelo.	
4 – Passo da operação básica	Um manuseio e aplicação	A – Manusear um objeto diversas vezes de maneiras diferentes B – Apanhar o parafuso, alinhá-lo, procurar o local de entrada do filete, parafusar executando dois giros.	A – Manusear e usar uma vez um meio auxiliar B – Apanhar a ferramenta, executar a tarefa e guardar a ferramenta.
	Um manuseio e aplicação simultâneos	A – Manusear em seqüência vários objetos B – Apanhar simultaneamente parafuso e arruela, encaixar arruela sobre parafuso, alinhar, procurar a entrada do filete, parafusar executando dois giros.	A – Manusear e aplicar, simultaneamente, vários meios auxiliares. B – Apanhar simultaneamente martelo e formão, alinhar em seqüência, executar a tarefa e guardar simultaneamente.
		A – Manusear e aplicar simultaneamente o objeto e meio auxiliar B – Apanhar martelo e prego simultaneamente, alinhar o prego, alinhar o martelo, pregar o prego, depor o martelo.	

A – Descrição

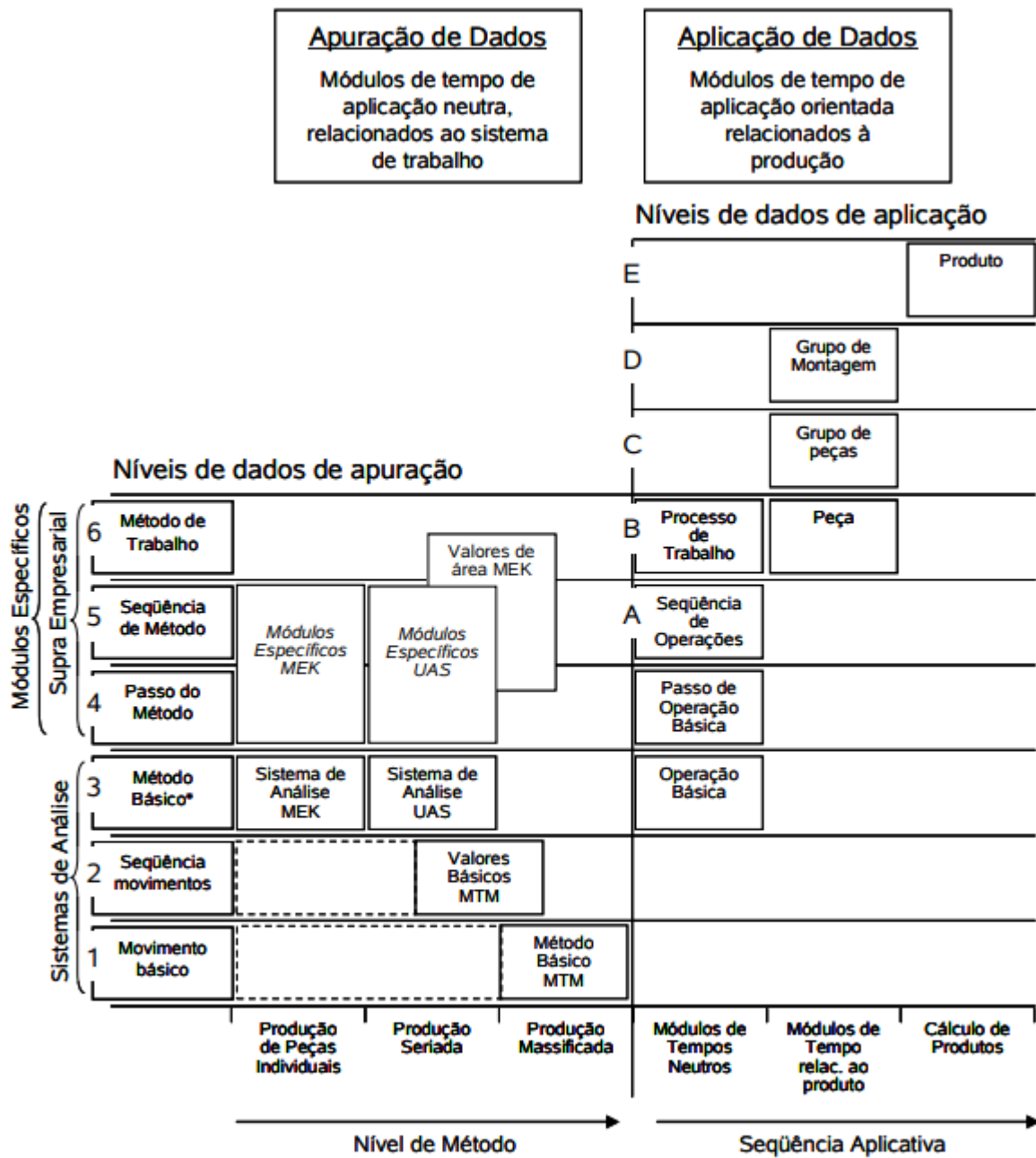
B – Exemplo

Nível de dados	Objetivo	Objeto de Trabalho	Meios Operacionais (máquinas, dispositivos, ferramentas e meios auxiliares)
5 - Seqüência de operações	Seqüência de operações de manuseio e de aplicação executados no processamento de um objeto	A – Manuseio de vários objetos, em seqüência, com a finalidade de executar sua montagem. B – Montar a tampa da carcaça com seis parafusos e uma vedação	A - Manuseio de um meio auxiliar para tratamento de vários objetos em seqüência. B – Parafusar 6 parafusos e aperta-los usando uma chave de boca
			A - Manuseio simultâneo de vários meios auxiliares para processamento de vários objetos em seqüência. B – Executar seis uniões com rebites utilizando martelo e embutideira
			A – Manuseio, em seqüência, de vários meios auxiliares para tratamento de um objeto. B – Parafusar e apertar um parafuso usando chave de boca e inspecionar com torquímetro
6 – Processo de trabalho	Seqüência de operações executadas num local de trabalho, com a finalidade de processar um objeto	A – No local de trabalho principal, são executadas várias operações num objeto. B – Montar uma transmissão completa	A – Num local de trabalho ou em uma máquina executar o processamento B – Fabricar um objeto completo em um torno

A – Descrição

B – Exemplo

ANEXO F - NÍVEL DE MÉTODOS EM DIF. APLICAÇÕES. ADAPT DE: MTM (2005)



*Inclui Tempo de processo

ANEXO G - TABELAS DE MTM BÁSICO. ADPT: MAYNARD (2001) E MTM (2005)

Pegar – G – (Grasp)

Caso	Tempo TMU	Descrição
1A	2,0	Pegar objeto pequeno, médio ou grande isolado, fácil de pegar.
1B	3,5	Pegar objeto muito pequeno ou colocado numa superfície plana.
1C1	7,3	Pegar com interferência no fundo e num lado de um objeto aproximadamente cilíndrico. Diâmetro maior que 12 mm.
1C2	8,7	Pegar com interferência no fundo e num lado de um objeto aproximadamente cilíndrico. Diâmetro de 6 até 12 mm.
1C3	10,8	Pegar com interferência no fundo e num lado de um objeto aproximadamente cilíndrico. Diâmetro menor que 6 mm.
2	5,6	Repegar
3	5,6	Transferir o pegar
4A	7,3	Objeto misturado com outros de tal modo que seja preciso procurar ou selecionar. Maior que 25x25x25mm
4B	9,1	Objeto misturado com outros de tal modo que seja preciso procurar ou selecionar. Entre 6x6x3 e 25x25x25mm
4C	12,9	Objeto misturado com outros de tal modo que seja preciso procurar ou selecionar. Menor que 6x6x3mm
5	0,0	Pegar por contato simples.

Alcançar – R – (Reach)

Dist. [cm]	Tempo normal em TMU				Mãos em movimento		Descrição dos Casos
	A	B	C / D	E	A	B	
Até 2	2,0	2,0	2,0	2,0	1,6	1,6	A – alcançar um objeto solitário, localizado sempre em um lugar definido ou que se acha na outra mão ou sobre o qual a outra mão pousa.
4	3,4	3,4	5,1	3,2	3,0	2,4	
6	4,5	4,5	6,5	4,4	3,9	3,1	
8	5,5	5,5	7,5	5,5	4,6	3,7	
10	6,1	6,3	8,4	6,8	4,9	4,3	B – alcançar um objeto solitário que de seqüência a seqüência do trabalho se acha em um lugar ligeiramente diferente.
12	6,4	7,4	9,1	7,3	5,2	4,8	
14	6,8	8,2	9,7	7,8	5,5	5,4	
16	7,1	8,8	10,3	8,2	5,8	5,9	
18	7,5	9,4	10,8	8,7	6,1	6,5	
20	7,8	10,0	11,4	9,2	6,5	7,1	
22	8,1	10,5	11,9	9,7	6,8	7,7	C – alcançar um objeto amontoado com outros iguais ou similares, exigindo escolha.
24	8,5	11,1	12,5	10,2	7,1	8,2	
26	8,8	11,7	13,0	10,7	7,4	8,8	
28	9,2	12,2	13,6	11,2	7,7	9,4	
30	9,5	12,8	14,1	11,7	8,0	9,9	
35	10,4	14,2	15,5	12,9	8,8	11,4	D – Alcançar um objeto muito pequeno ou que se requeira um pegar exato.
40	11,3	15,6	16,8	14,1	9,6	12,8	
45	12,1	17,0	18,2	15,3	10,4	14,2	
50	13,0	18,4	19,6	16,5	11,2	15,7	
55	13,9	19,8	20,9	17,8	12,0	17,1	
60	14,7	21,2	22,3	19,0	12,8	18,5	E – Deslocar a mão para uma posição indefinida, seja para recuperar o equilíbrio, seja para preparação do próximo movimento ou ainda para afastar a mão da zona de trabalho.
65	15,6	22,6	23,6	20,2	13,5	19,9	
70	16,5	24,1	25,0	21,4	14,3	21,4	
75	17,3	25,5	26,4	22,6	15,1	22,8	
80	18,2	26,9	27,7	23,9	15,9	24,2	

Posicionar – P – (Position)

Classe de Ajuste					Simetria			Fácil de manejar	Difícil de manejar
1 – folgado	Não é necessário pressão				Simétrico			5,6	11,2
					Semi-simétrico			9,1	14,7
					Não simétrico			10,4	16,0
2 – apertado	É necessária pouca pressão				Simétrico			16,2	21,8
					Semi-simétrico			19,7	25,3
					Não simétrico			21,0	26,6
3 – exato	Pressão necessária				Simétrico			43,0	48,6
					Semi-simétrico			46,5	52,1
					Não simétrico			47,8	53,4

8	5,1	5,9	6,9	3,7	4	1,07	2,8	A – objeto levado para a outra mão ou contra um encosto.
10	6,0	6,8	7,9	4,3				
12	6,9	7,7	8,8	4,9				
14	7,7	8,5	9,8	5,4	6	1,12	4,3	
16	8,3	9,2	10,5	6,0				
18	9,0	9,8	11,1	6,5	8	1,17	5,8	
20	9,6	10,5	11,7	7,1				
22	10,2	11,2	12,4	7,6	10	1,22	7,3	
24	10,8	11,8	13,0	8,2				
26	11,5	12,3	13,7	8,7	12	1,27	8,8	
28	12,1	12,8	14,4	9,3				
30	12,7	13,3	15,1	9,8	14	1,32	10,4	
35	14,3	14,5	16,8	11,2				
40	15,8	15,6	18,5	12,6	16	1,36	11,9	
45	17,4	16,8	20,1	14,0				
50	19,0	18,0	21,8	15,4	18	1,41	13,4	
55	20,5	19,2	23,5	16,8				
60	22,1	20,4	25,2	18,2	20	1,46	14,9	
65	23,6	21,6	26,9	19,5				
70	25,2	22,8	28,6	20,9	22	1,51	16,4	
75	26,7	24,0	30,3	22,3				
80	28,3	25,2	32,0	23,7				

B – objeto levado a uma posição aproximada ou indefinida.								
C – objeto levado a uma posição definida.								

Torcer – T – (Turn) e Aplicar pressão – AP – (Apply Pressure)

Peso	Tempo TMU para ângulos em graus										
	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°
Pequeno: 0 a 1 daN	2,8	3,5	4,1	4,8	5,4	6,1	6,8	7,4	8,1	8,7	9,4
Médio: 1,1 a 5 daN	4,4	5,5	6,5	7,5	8,5	9,6	10,6	11,6	12,7	13,7	14,8
Grande 5,1 a 16 daN	8,4	10,5	12,3	14,4	16,2	18,3	20,4	22,2	24,3	26,1	28,2
Aplicar pressão caso 1 (com repegar)						Aplicar pressão caso 2 (sem repegar)					
16,2 TMU						10,6 TMU					

Soltar – RL – (Release)

Caso	Tempo TMU	Descrição
1	2,0	Soltar normalmente, abrindo os dedos como movimentos independentes.
2	0,0	Soltar por contato.

Separar – D – (Disengage)

Classe de ajuste	Fácil de manejar	Difícil de manejar
1 – folgado – esforço muito ligeiro, combinado com movimento subsequente	4,0	5,7
2 – apertado – esforço normal, pequeno recuo	7,5	11,8
3 – firme – esforço considerável, notadamente recuos de mão	22,9	34,7

Mover os olhos – ET – (Eye Travel) e Focalizar – EF – (Eye focus)

<p>Tempo para mover os olhos = $15,2 \times T/D$ TMU, com um valor máximo de 20 TMU, onde:</p> <p>T = a distância dos pontos entre os quais os olhos se movem.</p> <p>D = a distância perpendicular do olho ao trajeto</p> <p>Tempo de focalização = 7,3</p>

Movimentos de corpo, perna e pé (Body, Leg and Foot Motions)

Descrição	Símbolo	Distância	Tempo TMU
Movimento de pé – dobrado no tornozelo	FM	Até 10 cm	8,5
– com pressão grande	FMP		19,1
Movimento da perna	LM_	Até 15 cm	7,1
		Por cm adicional	0,5
Passo lateral		Menos que 30 cm	Tempos de Alcançar ou Mover
Caso 1 – completado quando a perna movida entra em contato com o chão		Até 30 cm	17,0
Caso 2 – A perna vagarosa deve entrar em contato com o chão antes do próximo movimento poder ser feito	SS-C1	P/ cm a mais	0,2
	SS-C2	Até 60 cm	34,1
		p/ cm a mais	0,2
Abaixar, inclinar ou ajoelhar.	B,S,KOK		29,0
Voltar à posição normal.	AB, AS, AKOK		31,9
Ajoelhar-se sobre os dois joelhos.	KBK		69,4
Voltar à posição normal.	AKBK		76,7
Sentar	SIT		34,7
Levantar de uma posição sentada	STD		43,4
Giro de corpo de 45 a 90 graus			
Caso 1 – completado quando a perna movida entrar em contato com o chão	TBC1		18,6
Caso 2 – A perna vagarosa deve entrar em contato com o chão antes do próximo movimento poder ser feito	TBC2		37,2
Andar	W-P	1 passo	15,0

Movimentos de corpo, perna e pé (Body, Leg and Foot Motions)

Descrição	Símbolo	Distância	Tempo TMU
Movimento de pé – dobrado no tornozelo – com pressão grande	FM	Até 10 cm	8,5
Movimento da perna	FMP	Até 15 cm Por cm adicional	19,1
	LM_		7,1
Passo lateral Caso 1 – completado quando a perna movida entra em contato com o chão Caso 2 – A perna vagarosa deve entrar em contato com o chão antes do próximo movimento poder ser feito	SS-C1	Menos que 30 cm	Tempos de Alcançar ou Mover 17,0
	SS-C2	Até 30 cm P/ cm a mais	0,2
		Até 60 cm p/ cm a mais	34,1
Abaixar, inclinar ou ajoelhar.	B,S,KOK		29,0
Voltar à posição normal.	AB, AS, AKOK		31,9
Ajoelhar-se sobre os dois joelhos.	KBK		69,4
Voltar à posição normal.	AKBK		76,7
Sentar	SIT		34,7
Levantar de uma posição sentada	STD		43,4
Giro de corpo de 45 a 90 graus Caso 1 – completado quando a perna movida entrar em contato com o chão	TBC1		18,6
Caso 2 – A perna vagarosa deve entrar em contato com o chão antes do próximo movimento poder ser feito	TBC2		37,2
Andar	W-P	1 passo	15,0

Nota: Tabelas de movimentos básicos simultâneos e regras de aplicação não inclusas. A utilização destes valores sem o devido treinamento pode conduzir a resultados falsos.