



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS RUSSAS
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

LUCAS ALVES CARNEIRO

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE UM PROCESSO PRODUTIVO EM UMA
INDÚSTRIA DE ALIMENTOS DO ESTADO DO CEARÁ**

RUSSAS

2023

LUCAS ALVES CARNEIRO

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE UM PROCESSO PRODUTIVO EM UMA INDÚSTRIA
DE ALIMENTOS DO ESTADO DO CEARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao
Curso de Engenharia de Produção da
Universidade Federal do Ceará - *Campus*
Russas, como requisito parcial à obtenção do
título de Bacharel em Engenharia de Produção

Orientador: Prof. Dr. Pedro Helton Magalhães
Pinheiro

RUSSAS

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- C289a Carneiro, Lucas Alves.
Análise da eficiência de um processo produtivo em uma indústria de alimentos no estado do Ceará.
/ Lucas Alves Carneiro. – 2023.
65 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas,
Curso de Engenharia de Produção, Russas, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Pedro Helton Magalhães Pinheiro.
1. Cronoanálise. 2. OEE (Overall Equipment Efficiency). 3. Eficiência industrial. I. Título.
CDD 658.5
-

LUCAS ALVES CARNEIRO

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE UM PROCESSO PRODUTIVO EM UMA INDÚSTRIA
DE ALIMENTOS DO ESTADO DO CEARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao
Curso de Engenharia de Produção da
Universidade Federal do Ceará - *Campus*
Russas, como requisito parcial à obtenção do
título de Bacharel em Engenharia de Produção

Aprovada em: __/__/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Pedro Helton Magalhães Pinheiro (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Magda Ferreira Maia Torres
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Gabrielli Harumi Yamashita
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus, fonte de força e sabedoria.

A minha mãe, Leene, pelo amor incondicional e apoio constante que foram o alicerce da minha jornada acadêmica. Seu empenho em me educar sempre veio em primeiro lugar. Aqui estão os frutos de seus esforços.

Ao meu pai, Adailson (*in memoriam*), meu maior exemplo de perseverança.

Ao meu irmão, Luiz Filipe, que no futuro, ao ler este trabalho, sinta-se inspirado a trilhar seu caminho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por todo o amparo ao longo destes anos, sendo minha força nos momentos de desânimo, nunca me deixando fraquejar.

A minha mãe, Leene, e ao meu padrasto, Paixão, por terem acreditado e sonhado comigo, não medindo esforços para que este momento se concretizasse. Seus incontáveis incentivos, sacrifícios e a educação que me proporcionaram são inestimáveis.

Aos meus amigos da turma de 2019.1, em especial as minhas queridas amigas, Ana Júlia, Laís e Lícia. Obrigado por terem sido meu refúgio e incentivo durante esses anos, vocês tornaram esse ciclo mais leve e feliz.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Pedro Helton. Agradeço pelo valioso tempo e auxílio inestimável durante a produção deste trabalho.

A Profa. Magda Ferreira Maia Torres e a Profa. Dra. Gabrielli Harumi Yamashita, por terem aceitado o convite em participar da banca examinadora.

Por fim, agradeço a Universidade Federal do Ceará – Campus Russas e ao seu corpo docente, por possibilitarem a realização deste sonho e por contribuírem significativamente para o meu crescimento pessoal e profissional ao longo da graduação.

RESUMO

Neste estudo, foi explorada a relevância da otimização da eficiência na indústria como um fator crucial para garantir a competitividade dos negócios, visando aprimorar a utilização de recursos humanos e reduzir custos operacionais. O objetivo geral deste estudo é analisar a eficiência do processo produtivo, com enfoque especial na determinação do número ideal de colaboradores. Os objetivos específicos incluem a determinação da capacidade de produção, a análise da força de trabalho necessária, a avaliação da Eficiência Geral dos Equipamentos (OEE) e a identificação das principais causas de paradas na produção. A metodologia adotada englobou a análise da capacidade produtiva por meio da cronoanálise, a criação do indicador OEE, a análise da ociosidade e da utilização dos centros de trabalho, a definição do número ideal de colaboradores e a avaliação do impacto financeiro resultante da falta destes. Os dados coletados foram posteriormente analisados, possibilitando a formulação de propostas de melhoria. Os resultados destacam que o processo produtivo possui capacidade suficiente para atender à demanda comercial, mas é afetado por questões como paradas não planejadas e problemas de organização, que impactam na disponibilidade das máquinas e na aderência da produção aos padrões estabelecidos. A análise da capacidade produtiva em relação à demanda demonstra que o processo está alinhado com as necessidades do mercado. Adicionalmente, identifica-se a indisponibilidade das máquinas, que em média, representa 42,64% do tempo programado para produção, como o principal obstáculo para uma maior eficiência do processo. O trabalho oferece contribuições significativas, incluindo a identificação das principais causas de paradas no processo produtivo e propõe um plano de ação destinado a reduzir substancialmente essas paradas. Este estudo oferece um valioso conjunto de informações e recomendações práticas que podem ser aplicadas para aprimorar a eficiência e competitividade na indústria, representando um passo importante em direção à otimização dos recursos e à redução de custos operacionais.

Palavras-chave: Cronoanálise; OEE (*Overall Equipment Efficiency*); Eficiência industrial.

ABSTRACT

In this study, we explored the relevance of optimizing efficiency in the industry as a crucial factor to ensure business competitiveness, aiming to enhance the utilization of human resources and reduce operational costs. The overall objective of this study is to analyze the efficiency of the production process, with a special focus on determining the optimal number of employees. Specific objectives include determining production capacity, analyzing the necessary workforce, evaluating Overall Equipment Efficiency (OEE), and identifying the main causes of production downtime. The adopted methodology encompassed the analysis of production capacity through time and motion studies, the creation of the OEE indicator, analysis of idle time and utilization of work centers, determination of the optimal number of employees, and assessment of the financial impact resulting from their absence. The collected data were subsequently analyzed, enabling the formulation of improvement proposals. The results highlight that the production process has sufficient capacity to meet commercial demand but is affected by issues such as unplanned downtime and organizational problems, impacting machine availability and production adherence to established standards. The analysis of production capacity in relation to demand demonstrates that the process is aligned with market needs. Additionally, machine unavailability, averaging 42.64% of the scheduled production time, is identified as the main obstacle to higher process efficiency. The study provides significant contributions, including the identification of key causes of production downtime, and proposes an action plan aimed at substantially reducing these interruptions. This study offers a valuable set of information and practical recommendations that can be applied to enhance efficiency and competitiveness in the industry, representing a crucial step towards optimizing resources and reducing operational costs.

Keywords: Chronoanalysis; OEE (Overall Equipment Efficiency); Industrial efficiency.

LISTA DE EQUAÇÕES

(1) - ciclos a serem cronometrados	17
Equação (2) - tempo normal	19
Equação (3) - tempo padrão.....	20
Equação (4) - disponibilidade.....	22
Equação (5) - performance	22
Equação (6) - qualidade.....	23
Equação (7) - OEE.....	23
Equação (8) - tempo de ciclo.....	27
Equação (9) - capacidade.....	27
Equação (10) - ociosidade	28
Equação (11) - utilização	28
Equação (12) - tonelada hora.....	35
Equação (13) - aderência	36
Equação (14) - capacidade real.....	37
Equação (15) - ciclo transformado	37
Equação (16) - número ideal	38
Equação (17) - número nominal.....	39
Equação (18) - impacto financeiro	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura de cálculo do OEE.....	23
Figura 2 – Arranjos físicos em diferentes combinações de volume e variedade.....	24
Figura 3 - Arranjo físico em linha	26
Figura 4 – Fluxograma metodologia	30
Figura 5 – Fluxograma da coleta de dados	31
Figura 6 – Fluxograma do tratamento de dados	34
Figura 7 – Fluxograma da análise dos resultados.....	40
Figura 8 – Fluxograma do processo	43
Figura 9 – Análise da capacidade produtiva e do tempo de ciclo de abril de 2023	57
Figura 10 - Análise da aderência de produção de abril de 2023.....	58
Figura 11 – Tempos produtivos	59
Figura 12 - Estratificação de paradas não planejadas de todo o período estudado	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Coeficientes de distribuição normal	18
Quadro 2 – Coeficiente d_2 para o número de cronometragens iniciais.....	18
Quadro 3 – Classificação dos tempos.....	22
Quadro 4 - Descrição arranjos físicos.....	25
Quadro 5 – Quantidade real de colaboradores.....	43
Quadro 6 – Demanda e produção	44
Quadro 7 – Tempos produtivos (horas:minutos)	45
Quadro 8 – Estratificação de paradas não planejadas.....	46
Quadro 9 – Número de ciclos a serem cronometrados do processo	47
Quadro 10 – Tempos normal das etapas do processo produtivo	48
Quadro 11 – Tempo padrão das etapas do processo produtivo	48
Quadro 12 – Capacidade produtiva das etapas do processo produtivo	49
Quadro 13 – Ocorrências de aderência de produção	50
Quadro 14 – Disponibilidade, performance, qualidade e OEE	51
Quadro 15 – Capacidade produtiva real	51
Quadro 16 –Tempo de ciclo transformado	52
Quadro 17 – subtração da capacidade produtiva de cada etapa	52
Quadro 18 – Ociosidade e eficiência.....	53
Quadro 19 – Número ideal de colaboradores	54
Quadro 20 – Número ideal de colaboradores arredondado	54
Quadro 21 – Número nominal de colaboradores.....	55
Quadro 22 – Número nominal arredondado	55
Quadro 23 - Impacto financeiro.....	56
Quadro 24 – Plano de ação	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CIP	<i>Cleaning in Place</i> (Limpeza no local)
h	Horas
MES	<i>Manufacturing Execution Systems</i> (Sistema de Execução de Manufatura)
min	Minutos
OEE	<i>Overall Equipment Efficiency</i> (Eficiência Geral dos Equipamentos)
PCP	Planejamento e controle da produção
SLA	<i>Service Level Agreement</i> (Acordo de Nível de Serviço)
s	Segundos
ton/h	Toneladas por hora
ton	Toneladas

LISTA DE SÍMBOLOS

R\$ Real

% Porcentagem

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivos	15
<i>1.1.1 Objetivo Geral</i>	15
<i>1.1.2 Objetivos Específicos</i>	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Estudo de tempos	16
2.2 Cronoanálise	16
<i>2.2.1 Número de ciclos</i>	17
<i>2.2.2 Tempo normal</i>	18
<i>2.2.3 Tempo padrão</i>	19
2.3 Sistema de Execução de Manufatura (MES)	20
<i>2.3.1 Eficiência Geral do Equipamento</i>	21
<i>2.3.1.1 Estrutura de cálculo do OEE</i>	21
2.4 Arranjo físico	24
<i>2.4.1 Arranjo físico em linha</i>	25
<i>2.4.1.1 Balanceamento de linha de produção</i>	26
<i>2.4.1.2 Tempo de ciclo</i>	26
<i>2.4.1.3 Ociosidade e utilização</i>	27
3 METODOLOGIA	29
3.1 Caracterização da pesquisa	29
3.2 Etapas da metodologia	29
3.3 Etapa 1 - Coleta de dados	30
<i>3.3.1 Quantidade real de colaboradores</i>	31
<i>3.3.2 Tempo de execução das atividades</i>	32
<i>3.3.3 Demanda comercial e volume produzido</i>	32
<i>3.3.4 Tempos produtivos</i>	33
3.4 Etapa 2 - Tratamento de dados	34
<i>3.4.1 Capacidade produtiva</i>	34
<i>3.4.1.1 Cálculo de tempo padrão</i>	34
<i>3.4.1.2 Conversão de unidades de medida</i>	35
<i>3.4.2 Aderência de produção</i>	35
<i>3.4.3 Classificação da aderência de produção</i>	36
<i>3.4.4 Cálculo do OEE</i>	36

3.4.5 Capacidade produtiva real.....	36
3.4.6 Transformação do tempo de ciclo	37
3.4.7 Ociosidade e eficiência	37
3.4.8 Número ideal de colaboradores	38
3.4.9 Número nominal de colaboradores.....	38
3.4.10 Impacto financeiro.....	39
3.5 Etapa 3 - Análise dos resultados	40
3.5.1 Gráfico de capacidade produtiva	40
3.5.2 Gráfico de aderência	40
3.5.3 Gráfico de estratificação dos tempos	41
3.6 Etapa 4 - Proposta de melhoria	41
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1 A empresa	42
4.2 Realização da coleta de dados.....	42
4.2.1 Análise da quantidade real de colaboradores.....	42
4.2.2 Coleta do tempo de execução das atividades	44
4.2.3 Análise da demanda comercial e volume produzido	44
4.2.4 Análise dos tempos produtivos	45
4.3 Limpeza e tratamento de dados	46
4.3.1 Cálculo da capacidade produtiva	46
4.3.1.1 Cálculo do número de ciclos	47
4.3.1.2 Cálculo do tempo normal	47
4.3.1.3 Cálculo do tempo padrão	48
4.3.1.4 Conversão das unidades de medida	48
4.3.2 Análise da aderência da produção	49
4.3.3 Análise do OEE.....	50
4.3.4 Cálculo da capacidade produtiva real.....	51
4.3.5 Cálculo do tempo de ciclo.....	52
4.3.6 Cálculo da ociosidade e eficiência	52
4.3.7 Cálculo do número ideal de colaboradores	53
4.3.8 Cálculo do número nominal de colaboradores	55
4.3.9 Cálculo do impacto financeiro	55
4.4 Análise dos resultados	56
4.4.1 Análise do gráfico de capacidade produtiva	56

<i>4.4.2 Análise do gráfico de aderência</i>	57
<i>4.4.3 Análise do gráfico de estratificação dos tempos</i>	58
4.5 Proposta de melhoria	60
4.5.1 Plano de ação	60
5 CONCLUSÃO	63

1 INTRODUÇÃO

A indústria alimentícia do Ceará desempenha um papel crucial na economia. Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Alimentos, ABIA (2021), apesar dos desafios da pandemia, o setor teve um desempenho robusto, impulsionado pelo aumento das vendas no varejo, alcançando significativo crescimento. Além disso, segundo a ABIA (2022), foi investindo 4% do faturamento anual em busca por melhorias e inovações, cerca de R\$ 6 bilhões. A indústria cearense destaca-se globalmente como o segundo maior exportador de alimentos industrializados, sendo um setor de grande importância para a economia do estado, tendo em vista o potencial de produção da região. É fundamental que as empresas desse ramo tenham a cultura de melhoria contínua, principalmente no contexto de competitividade acirrada e busca constante por aumento de eficiência e redução de custos.

Nesse cenário, um dos desafios enfrentados pelas indústrias diz respeito à gestão de recursos necessários para a produção. Compreender a relação entre o número de colaboradores e a necessidade da produção é essencial para o desenvolvimento de estratégias que permitam a otimização dos recursos humanos, sem excessos que possam aumentar os custos e sem faltas que possam prejudicar o processo produtivo.

Esse estudo tem o potencial de otimizar a utilização dos recursos disponíveis, reduzir custos desnecessários e aprimorar a qualidade e eficiência dos processos produtivos. Para atingir esses objetivos, será crucial realizar uma avaliação da capacidade produtiva, determinar a quantidade adequada de colaboradores nos diferentes centros de trabalho, analisar a produtividade e identificar as principais causas de interrupção.

A metodologia foi subdividida em quatro etapas essenciais. Inicialmente, procede-se com a coleta de dados, que abrange informações como os tempos de execução das tarefas, o volume de produção, a demanda do mercado e outros dados relevantes. Em seguida, entra-se na etapa de tratamento de dados, que engloba a limpeza dos dados, a realização da cronoanálise e a conversão de unidades de medidas, garantindo a qualidade e consistência das informações coletadas. Após o tratamento de dados, avança-se para a análise dos resultados, na qual os dados são transformados em informações pertinentes e significativas. Essa análise é fundamental para identificar padrões, tendências e áreas de melhoria. Por fim, com base nas informações obtidas, é elaborada a proposta de melhoria, que visa otimizar o processo e aprimorar a eficiência.

Dessa forma, a análise da relação entre o número de colaboradores e os impactos derivados da escassez de mão de obra sobre processo produtivo são de vital importância. Visto

que, com base nos resultados obtidos, a pesquisa poderá auxiliar os gestores a tomar decisões baseadas em dados e desenvolver estratégias para lidar com o planejamento de recursos humanos, de forma a diminuir os custos operacionais, o que resulta em um ganho para a indústria.

1.1 Objetivos

Os objetivos deste trabalho foram divididos em objetivo geral e objetivos específicos e serão apresentados a seguir.

1.1.1 Objetivo Geral

O presente estudo tem como objetivo analisar a eficiência de um processo produtivo com enfoque no número de colaboradores em uma indústria de alimentos do estado do Ceará.

1.1.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos deste estudo foram definidos:

- Determinar a capacidade produtiva nas etapas do processo produtivo;
- Analisar a quantidade necessária de colaboradores nos centros de trabalho;
- Analisar a estratificação do OEE na linha de produção;
- Identificar os principais motivos de paralização da linha de produção.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

É essencial basear o trabalho em metodologias consolidadas para garantir entendimento e precisão. Exige-se conhecimento científico para pesquisa confiável, não apenas senso comum.

2.1 Estudo de tempos

Para Octaviano (2018) o estudo de movimentos e tempos, baseado nos trabalhos de Taylor (1990) e Gilbreth (1912) tem como objetivo descobrir métodos mais simples, rápidos e eficientes para executar tarefas, podendo causar um impacto positivo ao promover a melhoria contínua de processos, eliminando trabalho desnecessário, combinando processos, modificando a sequência das atividades e simplificando as operações essenciais. Isso resulta em maior produtividade, padronização das atividades e melhor utilização dos recursos disponíveis.

Segundo Barnes (1977) o estudo de tempos e métodos de trabalho é uma metodologia que tem como objetivos determinar o tempo padrão necessário para a execução das etapas que compõem uma tarefa, quando executada por um colaborador treinado e qualificado, visando padronizar o melhor método para executar determinado trabalho, geralmente o de menor custo e maior eficiência.

2.2 Cronoanálise

Para Peinado e Graeml (2007), o estudo de tempos, que é frequentemente referido como cronoanálise, é uma técnica que tem como objetivo estudar os movimentos e tempo de execução de cada atividade dentro de um processo produtivo, permitindo identificar atividades que podem ser eliminadas, simplificadas ou automatizadas, tornando o processo mais eficiente e produtivo.

Segundo Barnes (1977), o estudo de tempos é usado na determinação do tempo que será necessário para uma pessoa treinada e adaptada ao trabalho, levará para executar a tarefa trabalhando em um ritmo considerado normal. Este tempo é denominado o tempo padrão de cada atividade, e é imprescindível para mensurar capacidade produtiva e a quantidade de colaboradores necessários para atender a demanda comercial.

2.2.1 Número de ciclos

Para Barnes (1977), a execução das etapas de uma atividade pode variar de ciclo para ciclo, mesmo que o operário trabalhe em um ritmo constante. Isso ocorre devido a diferenças na posição das peças e ferramentas que são utilizadas, além de variações nas leituras de tempo feitas pelo cronoanalista. Apesar de um restrito controle de padronização da matéria prima, da presença de maquinário e ferramentas de qualidade, e de colaboradores treinados e qualificados, é inevitável que as cronometragens apresentem variações. Para obter resultados precisos no estudo de tempos, é necessário realizar uma amostragem adequada. Quanto maior o número de ciclos cronometrados, mais representativos serão os resultados obtidos para a atividade em estudo. No entanto, se a variabilidade das amostras for grande, será necessário um número maior de observações para obter a precisão desejada.

Segundo Peinado e Graeml (2007), uma única medição não é adequada para determinar a duração de uma atividade. Para obter um valor confiável, é preciso fazer várias medições e calcular a média aritmética destes tempos. Para determinar o número de observações aceitáveis para a confiança das amostras, é necessário empregar um cálculo estatístico que permita determinar o número de observações necessárias. Esse cálculo é realizado por meio da Equação (1) - ciclos a serem cronometrados. Onde, os valores que são comumente usados nos coeficientes Z e d_2 estão apresentados no Quadro 1 e Quadro 2 respectivamente.

$$N = \left(\frac{Z * R}{Er * d_2 * \bar{x}} \right)^2 \quad (1)$$

Onde:

N = número de ciclos a serem cronometrados.

Z = coeficiente de distribuição normal para uma probabilidade determinada.

R = amplitude da amostra.

Er = erro relativo da medida.

d_2 = coeficiente em função do número de cronometragens realizadas preliminarmente.

\bar{x} = média dos valores das observações.

Quadro 1 – Coeficientes de distribuição normal

Probabilidade	90%	91%	92%	93%	94%	95%	96%	97%	98%	99%
Z	1,65	1,70	1,75	1,81	1,88	1,96	2,05	2,17	2,33	2,58

Fonte: Peinado e Graeml (2007, p. 98).

Quadro 2 – Coeficiente d_2 para o número de cronometragens iniciais

N	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d_2	1,128	1,693	2,059	2,326	2,534	2,704	2,847	2,970	3,078

Fonte: Peinado e Graeml (2007, p. 98).

Aplicando a Equação (1) - ciclos a serem cronometrados, é usual utilizar o nível de confiança da medida, geralmente variando de 90% a 95%, e um erro relativo aceitável que varia de 5% a 10%. Ou seja, se for encontrada uma média de tempo de 100 segundos, é assumido um nível de confiança Z de 95% e um erro relativo Er de 5%, isso diz que há uma certeza estatística de 95% de confiança que o tempo necessário para realizar determinada tarefa está entre 95 e 105 segundos.

2.2.2 Tempo normal

Peinado e Graeml (2007) definem o tempo normal como a comparação do ritmo do colaborador em observação com o conceito de ritmo normal concebido pelo cronoanalista. A velocidade da pessoa observada pode estar acima do normal e existem várias razões pelas quais isso pode acontecer, como, começo de turno de trabalho, busca de reconhecimento por produtividade, ter habilidades excepcionais ou apenas por estar sendo cronometrado. Se a velocidade do colaborador estiver acima do normal, o tempo cronometrado será ajustado para cima, pois outras pessoas não conseguirão executar a atividade com a mesma velocidade. Por outro lado, a velocidade do operário pode estar abaixo do normal, nesta situação, o trabalhador pode estar executando a tarefa que está sendo cronometrada em um tempo maior que o necessário, devido à fadiga de um fim de expediente, falta de prática na execução da atividade, insegurança ao sentir seu trabalho sendo cronometrado, ou por outros motivos. Se a velocidade estiver abaixo do normal, o tempo cronometrado deverá ser reduzido, pois menos tempo será necessário para que outras pessoas realizem a atividade.

O cronoanalista deve comparar o ritmo do colaborador que está sendo cronometrado com o seu conceito pessoal de ritmo normal. Após essa análise, o ritmo do operário será diluído na média das cronometragens para se encontrar o tempo normal desta atividade. É nítido que pessoas executam atividades em ritmos diferentes, logo, a análise do

ritmo de trabalho depende da avaliação do cronoanalista, pois não existe um padrão estabelecido para este cálculo, segundo Barnes (1977).

Determinar a velocidade é a parte mais difícil da cronoanálise, pois é realizada subjetivamente pelo cronoanalista. Para a velocidade normal é atribuído um coeficiente de ritmo de 100%, já tempos maiores ou menores que os normais recebem coeficientes de ritmo superiores ou inferiores a 100%. O coeficiente de ritmo é comumente assumido como o ritmo normal de trabalho dividido pelo ritmo de trabalho observado no momento da execução das cronometragens. Dessa forma, o cronoanalista deve conseguir identificar se o colaborador está executando seu trabalho de forma mais lenta ou mais rápida que o normal, assim como temos facilidade de identificar pessoas caminhando na rua de forma lenta, normal ou acelerada.

Para Peinado e Graeml (2007) o ritmo de trabalho deve ser levado em consideração, para tornar a medida de tempo cronometrada utilizável para os demais trabalhadores. Uma maneira confiável de avaliar o ritmo de trabalho de um colaborador, é perguntar para um gestor experiente da área se o ritmo de trabalho está adequado, existem grandes chances de a resposta ser mais precisa que qualquer avaliação feita por um cronoanalista. O tempo normal é calculado utilizando a Equação (2) - tempo normal.

$$\text{tempo normal} = \text{média das amostras} * \left(\frac{\text{ritmo de trabalho}}{\text{ritmo observado}} \right) \quad (2)$$

2.2.3 Tempo padrão

Para Barnes (1977), o tempo normal para uma tarefa não inclui nenhuma margem de tolerância. É o tempo que um colaborador qualificado leva para realizar a tarefa em um ritmo normal. No entanto, é razoável esperar que o trabalhador precise fazer algumas pausas ao longo do dia, seja para atender necessidades pessoais, descansar ou lidar com imprevistos. Dessa forma, para determinar o tempo padrão de uma tarefa deve-se levar em consideração os tempos permissivos.

Segundo Peinado e Graeml (2007), depois de estabelecer o tempo normal, é importante considerar que o colaborador não pode trabalhar sem interrupções ao longo do dia, seja por motivos pessoais ou externos. Uma forma de compensar os tempos de inatividade, é calcular o tempo padrão, que em sua formula leva em consideração um fator de tolerância à tempos permissivos, onde em muitos casos, esse fator é calculado com base nas pausas que a

empresa permite serem feitas pelos colaboradores. Logo, o tempo padrão é o tempo que um trabalhador qualificado leva para concluir uma tarefa específica em um ritmo normal de trabalho, sem pressas ou atrasos. É um valor de referência que leva em consideração elementos que influenciam o tempo necessário para concluir a tarefa e pode ser calculado utilizando a Equação (3) - tempo padrão.

$$tempo\ padrão = tempo\ normal * \left(\frac{tempo\ trabalhado}{tempo\ trabalhado - tempo\ permissivo} \right) \quad (3)$$

2.3 Sistema de Execução de Manufatura (MES)

Segundo Vieira (2022) Indústrias de grande porte comumente utilizam sistemas automatizados de monitoramento de chão de fábrica. Esses *softwares* são usados para a coleta de forma automática e em tempo real dos diversos dados que são gerados por uma linha de produção, podendo estar integrados com maquinário, sensores ou equipamentos de automação. Os dados coletados são registrados em um sistema centralizado, como o *Manufacturing Execution System* (MES) ou Sistema de Execução de Manufatura.

Para Vieira (2022) no contexto da Indústria 4.0 e do objetivo de aumentar a eficiência no processo produtivo, destaca-se o sistema MES como uma solução adequada para reduzir as imprecisões nas informações. Essa ferramenta possibilita o controle dos processos industriais, estabelecendo uma conexão entre o chão de fábrica e a gestão. O MES é capaz de mensurar a eficiência geral do equipamento ou *Overall Equipment Efficiency* (OEE) e apresentar os dados necessários para calcular, com precisão, os índices de qualidade, performance e disponibilidade. Assim, o sistema contribui para a padronização e confiabilidade de indicadores, eliminando falhas na medição.

Para Leão (2023) uma das vantagens mais significativas do sistema MES é a capacidade de realizar relatórios de produção de forma automatizada, o que permite um controle mais preciso de aspectos importantes no processo produtivo. Ao automatizar os relatórios de produção, o sistema MES possibilita o acompanhamento detalhado da ociosidade de máquinas e pessoal, bem como das paradas não programadas. Essas informações são processadas, gerando análises tanto o processo produtivo atual quanto seu histórico. Essa análise é essencial para identificar aspectos como o tempo de setup de equipamentos, disponibilidade de maquinário, tempo de parada e tempo de produção. Um recurso oferecido pelo sistema MES

que merece destaque é a possibilidade de medir o OEE de forma eficaz. O OEE permite responder a perguntas como: qual é a disponibilidade dos equipamentos para a produção, quantos produtos foram fabricados sem gerar refugos e qual o ritmo que está sendo alcançado pelo processo produtivo. O sistema MES proporciona uma série de benefícios para as indústrias, oferecendo um controle mais preciso do chão de fábrica, possibilitando a identificação de pontos de perda e seus custos, e permitindo a medição eficaz do OEE. Com essas informações em mãos, os gestores podem tomar decisões mais embasadas.

2.3.1 Eficiência Geral do Equipamento

Segundo Kennedy (2017), o OEE é uma métrica que foi desenvolvida na década de 1960 e ganhou popularidade em todo o mundo como uma ferramenta para melhorar a eficiência da produção. Ele é frequentemente utilizado em indústrias para medir o desempenho dos equipamentos e identificar oportunidades de melhoria na produtividade. O OEE é calculado com base em três componentes: disponibilidade, performance e qualidade. Cada componente é expresso como uma porcentagem e o OEE é obtido multiplicando-se os três percentuais. A disponibilidade, refere-se ao tempo em que um equipamento está disponível e pronto para produzir em relação ao tempo total planejado para a produção. Ela é afetada por paradas de máquina, manutenção preventiva, ajustes de setup, entre outros. A performance, diz respeito à velocidade real de produção em relação à velocidade nominal do equipamento. Ele leva em consideração eventuais perdas de velocidade de produção, como tempos de ciclo mais longos do que o ideal, redução de velocidade em função de paradas de máquina, entre outros. A qualidade, refere-se à quantidade de produtos conformes em relação à quantidade total de produtos produzidos. Ela leva em consideração a ocorrência de produtos defeituosos, refugos, retrabalhos e outros tipos de perdas relacionadas à qualidade. O OEE é uma métrica poderosa que pode ser utilizado como uma ferramenta de tomada de decisão, ajudando os gestores a priorizarem as ações de melhoria com base em dados objetivos e mensuráveis.

2.3.1.1 Estrutura de cálculo do OEE

Segundo Kennedy (2017) para calcular o OEE, os tempos precisam ser estratificados e classificados de forma adequada, como mostrado no Quadro 3. Para o cálculo do OEE, é considerado apenas o tempo que é de responsabilidade da equipe de produção,

excluindo o tempo em que o equipamento não produziu devido à empresa não estar em horário de funcionamento ou a razões alheias à equipe de produção.

Quadro 3 – Classificação dos tempos

TEMPO	CLASSIFICAÇÃO
Tempo total	Tempo completo de calendário do período estudado, estratificado em 24 horas por dia, 30 dias por mês ou 365 dias por ano.
Horário não alocado	Tempo em que a fábrica não está em funcionamento devido a razões planejadas, como finais de semana em empresas que não trabalham aos sábados e domingo. Horário em que a fábrica está de portas fechadas.
Tempo operacional	Tempo máximo disponível para a utilização das linhas de produção. (Tempo total - horário não alocado)
Horário não planejado ou parada planejada	Tempo em que a equipe de produção não pode utilizar os equipamentos devido a razões fora de suas responsabilidades, como o equipamento parado por falta de demanda ou manutenções preventivas.
Tempo programado para produzir ou tempo disponível para produzir	É o tempo em que os equipamentos estão disponíveis para a equipe realizar a produção planejada. (Tempo operacional - tempo não planejado)
Perda de disponibilidade ou parada corretiva	Tempo em que o equipamento está inativo devido à quebra de maquinário, recebendo manutenção corretiva, ociosidade ou setup.
Tempo produzindo ou tempo de produção	Tempo em que a linha de produção está produzindo, independentemente de sua qualidade, ou seja, contendo o tempo de produção de peças defeituosas.
Tempo de produção teórica ou hipotética	Tempo em que a linha de produção estará produzindo peças se o equipamento não sofrer perda de ritmo, ou seja, estiver operando na velocidade nominal padrão.
Tempo de velocidade reduzida ou perda de ritmo	Tempo que foi usado na operação do equipamento em velocidade inferior à velocidade nominal
Tempo de produção real ou produção líquida	Tempo em que a linha de produção está produzindo peças na velocidade nominal padrão do equipamento.
Tempo de refugo	Tempo em que o equipamento produziu peças com defeitos ou refugos.
Tempo de qualidade ou tempo de peças boas	Tempo que o equipamento efetivamente produziu peças boas, sem defeitos.

Fonte: adaptado de Kennedy (2017)

O índice de disponibilidade, é a razão de tempo em que o equipamento produziu em relação ao tempo programado para produzir, conforme a Equação (4) - disponibilidade.

$$disponibilidade = \frac{\text{tempo de produção}}{\text{tempo disponível}} \quad (4)$$

Já o índice de performance, é a razão de tempo de produção real em relação ao tempo de produção teórico, como mostrado na Equação (5) - performance.

$$performance = \frac{\text{tempo de produção real}}{\text{tempo de produção}} \quad (5)$$

E o índice de qualidade, indica a qualidade dos itens que saíram do equipamento. É calculada por meio da Equação (6) - qualidade, levando em consideração a razão do tempo usado para produzir peças boas em relação ao tempo usado para produzir peças boas e defeituosas.

$$qualidade = \frac{\text{tempo de peças boas}}{\text{tempo de produção real}} \quad (6)$$

O OEE é calculado pela multiplicação dos índices de disponibilidade, performance e qualidade, como mostra a Equação (7) - OEE. A Figura 1 mostra uma visão mais abrangente do OEE e alocação de tempos.

$$OEE = \text{disponibilidade} * \text{performance} * \text{qualidade} \quad (7)$$

Figura 1 - Estrutura de cálculo do OEE

		Tempo Total				
Disponibilidade = B / A	A	Tempo programado para produzir		Horário não planejado	Horário não alocado	
	B	Tempo produzindo	Perdas de Disponibilidade: -Quebra de Máquina -Ociosidade -Setup	Horário de não responsabilidade da equipe de produção	Horário em que fábrica está com as portas fechadas	
	Performance = D / C	C	Produção Teórica			
		D	Produção Real			Perdas de Performance: -Velocidade reduzida -Pequenas paradas
	Qualidade = F / E	E	Boas + Ruins		As Grandes Perdas de Produção	
		F	Boas	Perdas de Qualidade: -Refugos de Partida -Refugos de Produção		

Fonte: adaptado de Kennedy (2017)

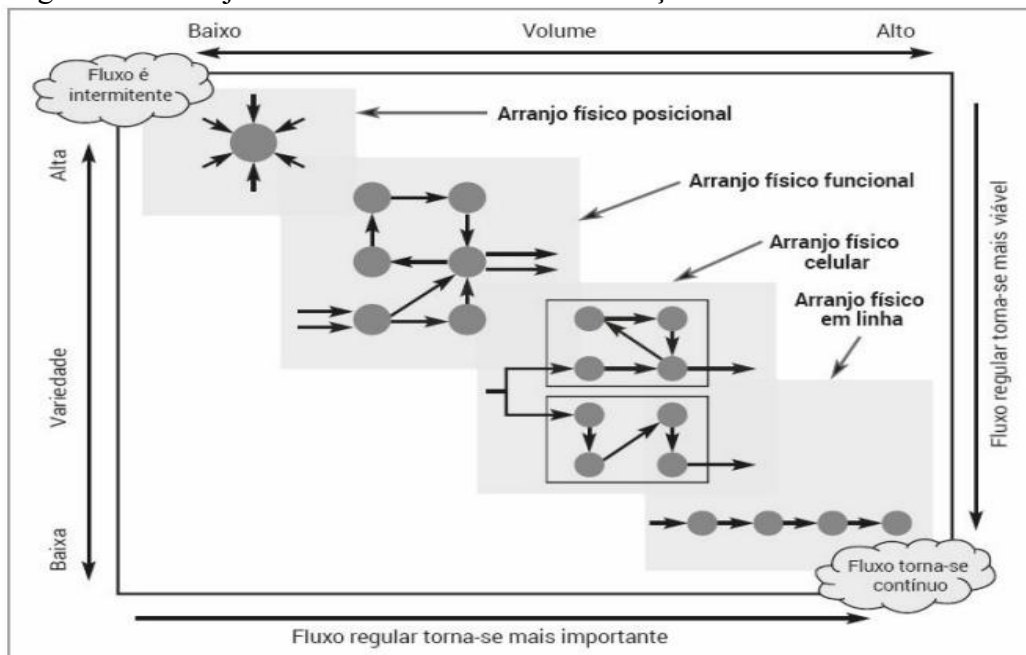
A pontuação de OEE mundial em indústrias de alto desempenho é de 85%, onde a disponibilidade seja igual ou superior a 90%, o desempenho seja igual ou superior a 95% e a qualidade seja igual ou superior a 99,9%.

2.4 Arranjo físico

Para Peinado e Graeml (2007), a forma como uma empresa produz é definida pelas decisões de arranjo físico. O *layout* é a parte mais visível e exposta de qualquer organização e precisa ser estudado sempre que houver implantação de uma nova unidade de serviços, ou ainda quando se pretende reformular plantas industriais ou operações produtivas já existentes.

Segundo Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018), o posicionamento dos recursos de transformação, a alocação de tarefas e a aparência geral de uma operação são conhecidos como arranjo físico. Essas escolhas determinam a natureza da progressão dos recursos transformados ao longo do processo, conforme a Figura 2. É crucial tomar decisões corretas em relação ao arranjo físico, pois um *layout* inadequado pode causar fluxos longos e confusos, tempos de processamento prolongados, inflexibilidade operacional, custos elevados e baixa satisfação tanto para clientes quanto para funcionários envolvidos na operação. O Quadro 4 descreve os tipos de arranjos físicos.

Figura 2 – Arranjos físicos em diferentes combinações de volume e variedade.



Fonte: Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018, p.344)

Quadro 4 - Descrição arranjos físicos.

ARRANJO FÍSICO	DESCRIÇÃO	EXEMPLO
Posicional	Material permanece estacionário, recursos se deslocam	Cirurgias, montagem de aviões, construção de edifícios
Funcional	Agrupa processos ou equipamentos de mesma função	Hospitais, usinagem de peças, supermercados
Celular	Combinação de arranjos por processo e em linha	Produção de lanches em supermercados, onde uma célula é dedicada a cada tipo de produto
Em Linha	Recursos transformados seguem uma sequência predefinida	Montagem de automóveis, imunização em massa,
Misto	Combina diferentes tipos de arranjos físicos para otimizar o fluxo produtivo	Hospitais com arranjo funcional e diferentes arranjos físicos dentro de cada departamento

Fonte: Elaborador pelo autor (2023).

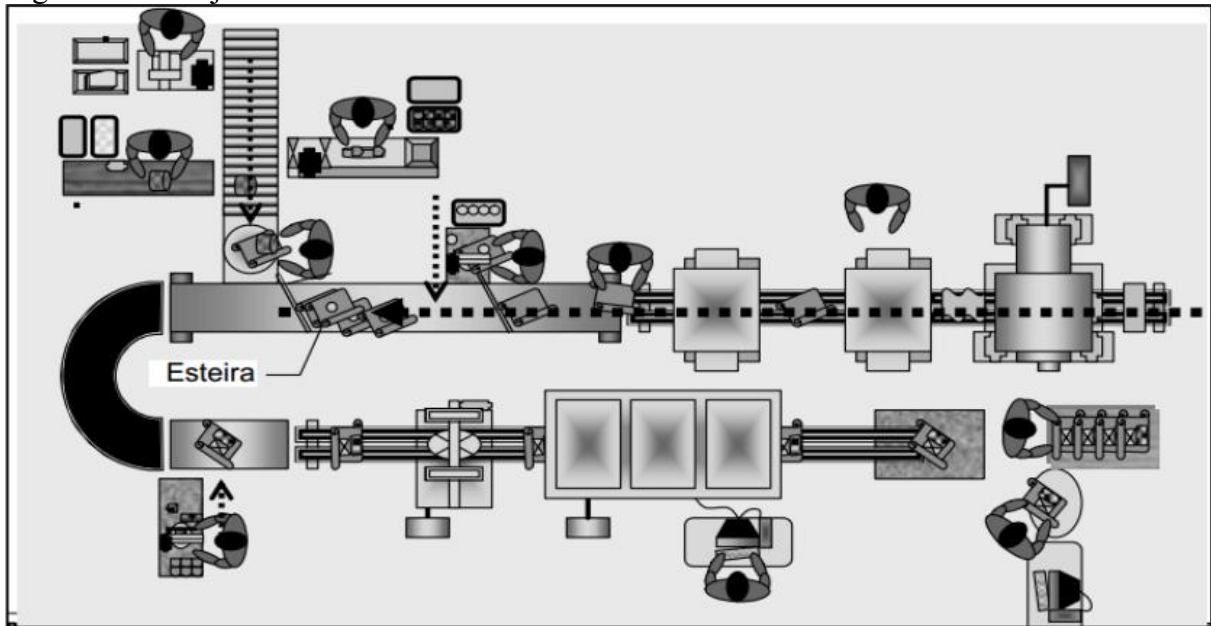
2.4.1 Arranjo físico em linha

Para Peinado e Graeml (2007), o arranjo por produto ocorre quando as estações de trabalho, ferramentas e máquinas são posicionadas em uma sequência determinada pelo fluxo de produção, sem alternativas de variação dentro do processo. O material percorre um caminho predefinido para a produção padronizada e com operações uniformes. O arranjo físico em linha tem custos fixos geralmente altos, mas custos variáveis por produto baixos.

O arranjo físico em linha ou por produto é definido por Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018) como a disposição dos recursos de transformação de acordo com a conveniência dos recursos transformados. Cada produto, informação ou cliente segue um roteiro predefinido, que é determinado pela sequência das atividades. O fluxo dos recursos transformados segue uma linha de acordo com as necessidades de cada produto, conforme a

Figura 3. Esse arranjo é frequentemente usado quando o produto possui alta padronização. Exemplos de arranjo físico em linha incluem montagem de automóveis, imunização em massa e restaurantes *self-service*.

Figura 3 - Arranjo físico em linha



Fonte: Azevedo (2016, p. 22).

2.4.1.1 Balanceamento de linha de produção

Para Peinado e Graeml (2007), o arranjo físico em linha de produção tem o benefício de dividir o trabalho em tarefas simples, com curvas de aprendizado quase instantâneas. O balanceamento da linha de produção envolve a atribuição de tarefas para as estações de trabalho de forma a minimizar o tempo ocioso de mão de obra e equipamentos. O trabalho flui de uma estação para outra em um ritmo constante e suave, desde que todas as estações demandem aproximadamente o mesmo tempo para executar a tarefa. No entanto, a dificuldade está em formar tarefas que tenham o mesmo tempo de duração. Se houver uma tarefa significativamente mais longa ou curta do que as demais, a linha de produção ficará desbalanceada, o que pode levar a fadiga, custos elevados de mão de obra ociosa e diminuição na velocidade geral da linha.

2.4.1.2 Tempo de ciclo

Segundo Peinado e Graeml (2007), o tempo de ciclo ou *takt time*, é um parâmetro fundamental em uma linha de produção, sendo definido como o tempo máximo permitido para cada centro de trabalho realizar a sua tarefa antes de passar para a próxima estação. Em outras palavras, é o tempo que a linha de produção leva para montar uma peça completa, desde o início

do processo até a finalização. O tempo de ciclo também é um importante indicador de eficiência e produtividade da linha de produção, uma vez que quanto menor for o tempo de ciclo, maior será a capacidade produtiva da linha, dessa forma, é possível avaliar o desempenho da linha de produção e identificar possíveis gargalos ou pontos de melhoria. A fórmula para calcular o tempo de ciclo consiste na divisão do tempo disponível para produção sobre a demanda comercial de seus produtos, como mostra Equação (8) - tempo de ciclo.

$$\text{Tempo de ciclo} = \frac{\text{Tempo disponível para produção}}{\text{Demanda comercial}} \quad (8)$$

Peinado e Graeml (2007) definem a capacidade de produção da empresa como o limite máximo que a empresa pode atingir em um determinado período de tempo, a capacidade é afetada por diversos fatores, como, disponibilidade de recursos, capacidade da equipe e eficiência dos processos produtivos. Esse indicador leva em consideração o tempo de ciclo e o tempo disponível para produção. A capacidade de produção é calculada dividindo-se o tempo de trabalho disponível pelo tempo necessário para produzir uma peça na linha de produção como na Equação (9) - capacidade. Esse indicador é essencial para o planejamento de produção e a tomada de decisões estratégicas.

$$\text{Capacidade de produção} = \frac{\text{Capacidade disponível}}{\text{Tempo de ciclo}} \quad (9)$$

2.4.1.3 Ociosidade e utilização

Segundo Peinado e Graeml (2007), mesmo que a linha de produção seja balanceada, é comum haver estações de trabalho que exigem menos tempo de produção, esses períodos ociosos são importantes e devem ser medidos e controlados. Para calcular a porcentagem de tempo ocioso na linha de produção, é necessário somar o tempo ocioso de todas as estações em comparação com a estação com maior carga de trabalho. Em seguida, esse valor deve ser dividido pelo tempo total de produção, que é calculado multiplicando-se o número de estações de trabalho pelo tempo de ciclo como na Equação (10) - ociosidade. Já o grau de utilização é uma medida que representa o quanto da mão de obra e dos equipamentos disponíveis na linha

de produção estão sendo utilizados, a utilização é o valor complementar da ociosidade como mostra a Equação (10) - utilização e juntos eles devem totalizar 100%.

$$ociosidade = \frac{\sum \text{tempos ociosos das estações}}{\text{Número de estações} * \text{tempo de ciclo}} \quad (10)$$

$$\text{utilização} = 1 - \text{índice de ociosidade} \quad (11)$$

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da pesquisa

O processo de pesquisa científica é delineado como uma série de atividades que busca adquirir conhecimentos sistematizados sobre um tema específico segundo Rúdio (2007). Caracteriza-se pela aplicação de um método próprio e técnicas específicas, podendo ser categorizado com base na natureza, objetivos, abordagem e procedimentos.

Em termos de objetivo, este trabalho é classificado como exploratório, pois procura uma aproximação do problema por meio de entrevistas e observação *in loco*, com o intuito de torná-lo mais explícito e contribuir para o desenvolvimento de hipóteses segundo Lakatos e Marconi (2005). A pesquisa exploratória visa obter correlações entre variáveis.

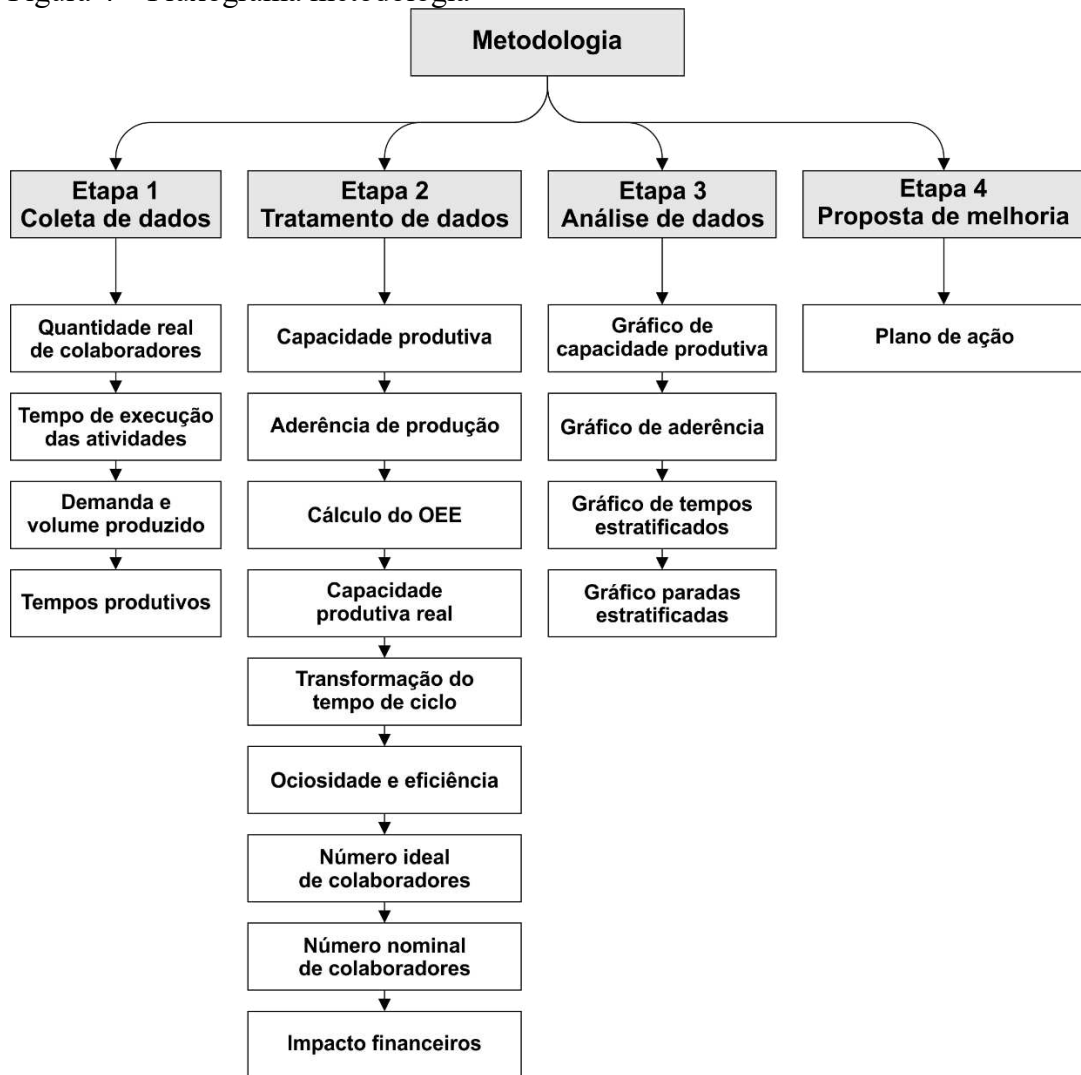
Quanto aos procedimentos, enquadra-se como estudo de caso, definido por Yin (2001) como uma investigação empírica de um fenômeno específico. No entanto, a distinção entre os limites do fenômeno e o contexto da vida real em que ocorre não é claramente delimitada.

Em relação à abordagem, a pesquisa é classificada como quantitativa, buscando resolver o problema por meio de informações numéricas levantadas. Além disso, pode ser considerada qualitativa, uma vez que as informações coletadas servirão como base para a tomada de decisões a partir dos resultados numéricos obtidos.

3.2 Etapas da metodologia

Nesta seção, serão apresentados os principais elementos da metodologia adotada nesta pesquisa, seguindo o roteiro mostrado na Figura 4.

Figura 4 – Fluxograma metodologia

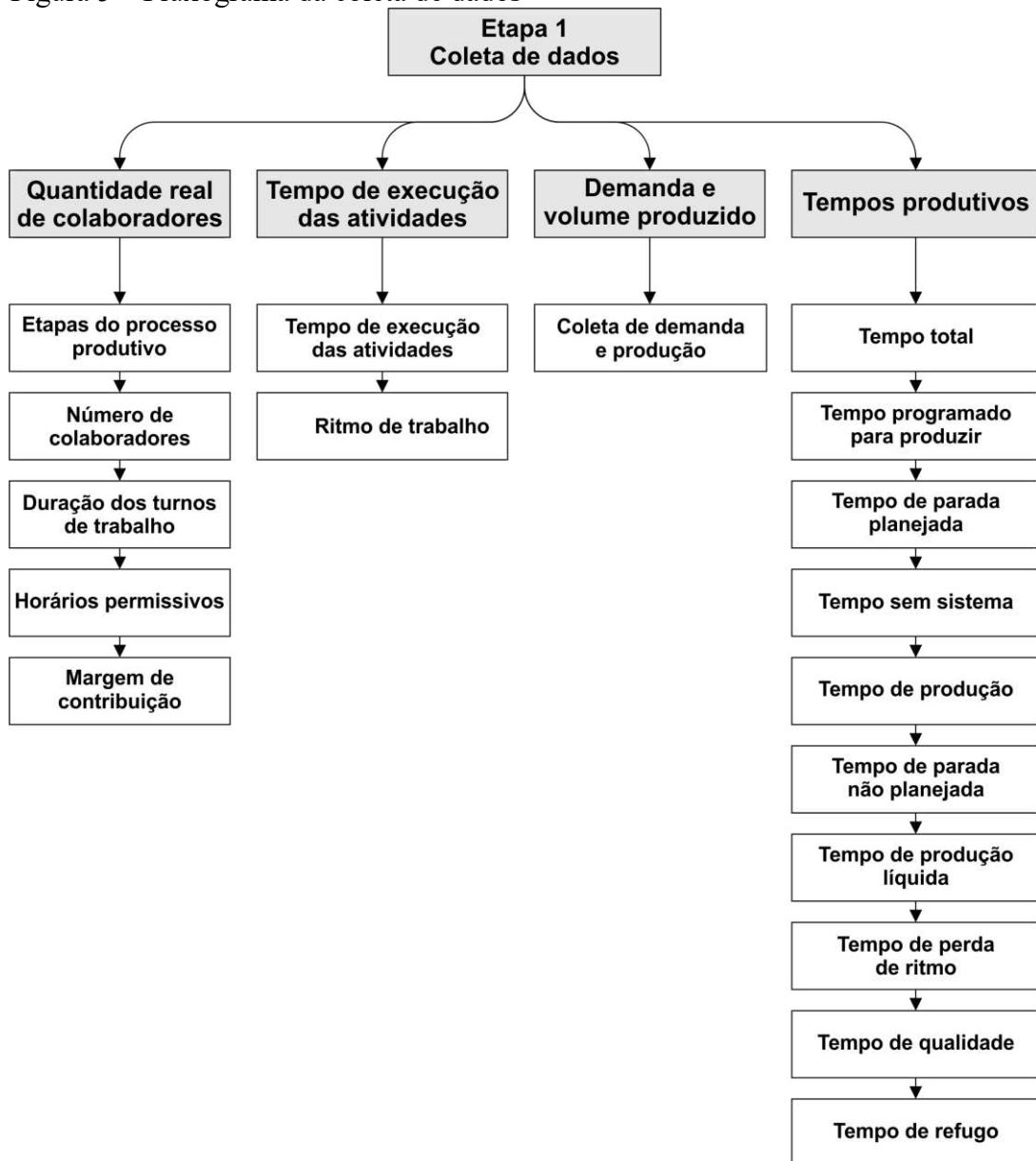


Fonte: Elaborador pelo autor (2023).

3.3 Etapa 1 - Coleta de dados

A coleta de dados é uma etapa fundamental na realização de um projeto, ela envolve a obtenção de informações relevantes e necessárias a partir de fontes confiáveis e métodos adequados. Os dados, conforme a Figura 5, são essenciais para embasar as decisões, permitindo que os objetivos sejam alcançados de forma fundamentada.

Figura 5 – Fluxograma da coleta de dados



Fonte: Elaborador pelo autor (2023).

3.3.1 *Quantidade real de colaboradores*

Para coletar informações sobre a quantidade de colaboradores envolvidos nas diferentes etapas do processo produtivo, é necessário realizar entrevistas tanto com os gestores responsáveis pelas áreas quanto com os colaboradores que desempenham funções nesse setor. Através dessas entrevistas, será possível obter dados precisos e confiáveis.

O gestor tem a capacidade de fornecer dados sobre a duração dos turnos de trabalho, horários permissivos, etapas do processo e a quantidade atual de colaboradores envolvidos em

cada etapa atualmente. Com base em suas experiências anteriores, eles podem fornecer informações valiosas para entender a dinâmica da força de trabalho.

Além disso, os colaboradores que atuam diretamente na linha de produção têm conhecimento prático sobre a quantidade de colegas de trabalho envolvidos nas atividades diárias. Eles podem compartilhar suas observações e experiências, contribuindo para uma compreensão mais completa da distribuição da equipe ao longo do processo produtivo.

Ao combinar as perspectivas dos gestores e dos colaboradores, é possível obter uma visão abrangente sobre a quantidade de colaboradores envolvidos em cada etapa do processo produtivo durante um dia típico de trabalho. Essa abordagem permitirá uma análise precisa da alocação de recursos humanos.

3.3.2 Tempo de execução das atividades

Para determinar a quantidade de tempo necessário para cada atividade realizada em um processo produtivo, é necessário coletar amostras dos tempos gastos durante a execução dessas atividades. A coleta de amostras de tempos é um procedimento realizado por meio de visitas presenciais à linha de produção, onde o responsável pela coleta utiliza um cronômetro e uma prancheta para registrar as medições do tempo do processo produtivo.

Com o objetivo de tornar a coleta de dados mais eficiente, o processo é dividido em etapas, o que facilita a cronometragem. Durante essa atividade, observa-se atentamente a realização das tarefas pelos operadores, cronometrando e registrando o ritmo de trabalho e o tempo gasto na execução de cada etapa do processo.

É importante ressaltar que a coleta de dados é realizada de forma objetiva e imparcial, sem interferir nas atividades cotidianas dos operadores. Ao utilizar essa metodologia de coleta de amostras de tempos, é possível obter informações valiosas para a análise e otimização do processo produtivo.

3.3.3 Demanda comercial e volume produzido

A demanda comercial é a quantidade de produtos que os consumidores estão dispostos a adquirir durante um determinado período de tempo. Por outro lado, o volume produzido refere-se à quantidade total de produtos que são efetivamente fabricados e estão

disponíveis para distribuição. A obtenção de dados relacionados à demanda comercial e ao volume produzido pode ser feita através de solicitações feitas a setores específicos da indústria.

O planejamento e controle da produção (PCP) desempenha um papel fundamental nesse processo, sendo responsável por fornecer previsões de demanda. Essas previsões consistem em estimativas de quanto será necessário produzir para atender às necessidades do mercado consumidor. Dessa forma, o PCP é uma fonte confiável para coletar informações sobre a demanda comercial, uma vez que utiliza métodos e técnicas para analisar dados históricos, tendências do mercado e outros fatores relevantes.

Por outro lado, o setor de logística, responsável pelo armazenamento dos produtos acabados, também pode fornecer dados confiáveis sobre o volume efetivamente produzido. Ao monitorar os níveis de estoque e registrar as saídas de produtos, a equipe de logística pode oferecer informações precisas sobre a quantidade de produtos acabados que foram fabricados no período estudado.

A colaboração entre o PCP e o setor de logística é essencial para obter dados confiáveis sobre a demanda comercial e o volume produzido. A integração dessas informações permite uma visão mais precisa. É importante destacar que a coleta desses dados deve ser realizada de forma sistemática e transparente, garantindo a confidencialidade das informações e respeitando as políticas internas da empresa.

3.3.4 *Tempos produtivos*

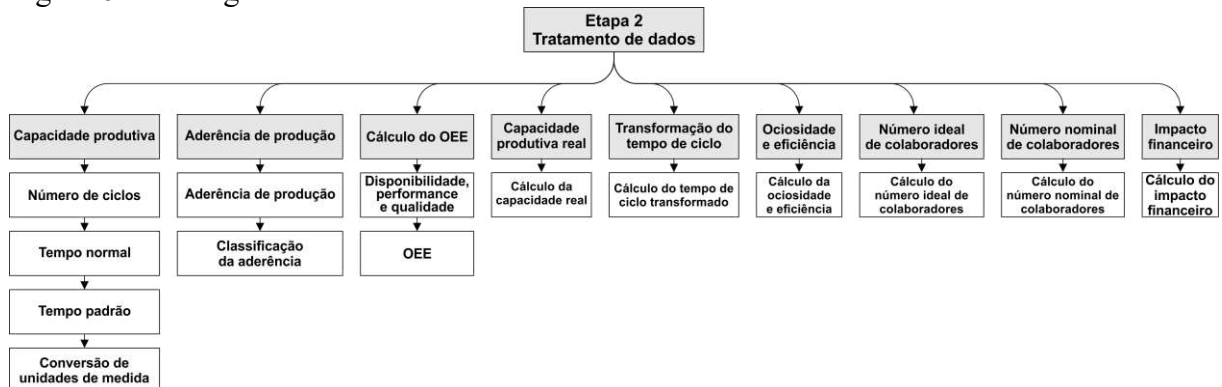
A utilização de um MES oferece a possibilidade de extrair e estratificar dados relacionados aos tempos produtivos, motivos de paradas na linha de produção e outras informações relevantes para o monitoramento e gestão da produção. Essa abordagem é especialmente útil quando uma empresa já possui um sistema de coleta de dados em operação, permitindo aproveitar os dados já disponíveis.

Os sistemas automatizados de monitoramento do chão de fábrica proporcionam uma coleta de dados precisa e em tempo real, eliminando a necessidade de coleta manual, que pode ser demorada e suscetível a erros. Ao utilizar um MES, as informações são registradas automaticamente, proporcionando uma visão atualizada e confiável do desempenho da produção.

3.4 Etapa 2 - Tratamento de dados

O tratamento de dados refere-se ao processo de organização das informações para fins específicos, conforme a Figura 6. Ele pode envolver várias etapas, como a limpeza, a organização em formatos adequados e a aplicação de técnicas de estatística para obter informações relevantes.

Figura 6 – Fluxograma do tratamento de dados



Fonte: Elaborador pelo autor (2023).

3.4.1 Capacidade produtiva

Nessa fase, serão utilizadas as amostras de tempos de cada etapa do processo como referência para transformar as medições de tempo em capacidade produtiva. Para isso, serão levados em consideração fatores como a amplitude da amostra, ritmo de produção e tempos permissivos. Com base nessas informações, será realizada a conversão dos dados de segundos, para toneladas por hora, obtendo uma forma de tornar a compreensão da capacidade do processo mais precisa e abrangente.

3.4.1.1 Cálculo de tempo padrão

Com o objetivo de verificar se o número de amostras coletadas é adequado, será realizada uma verificação utilizando a Equação (1) - ciclos a serem cronometrados. Para isso, serão considerados valores de nível de confiança de 95% e uma margem de erro de 5%. Caso o número de ciclos a serem cronometrados seja maior do que o número de amostras coletadas, será necessário obter novas amostras. Caso contrário, se o número de amostras for suficiente, os dados coletados poderão ser utilizados.

A partir da Equação (2) - tempo normal, o cálculo do tempo normal pode ser realizado, essa abordagem permitirá determinar o tempo esperado para a conclusão das tarefas com base em uma estimativa do ritmo de trabalho.

Quando se dispõe do tempo normal, é possível calcular o tempo padrão, que é encontrado por meio da Equação (3) - tempo padrão. Desta forma, é possível estabelecer uma referência de tempo gasto na execução da tarefa por um colaborador qualificado.

3.4.1.2 Conversão de unidades de medida

Em indústrias com altos níveis de produção, é comum utilizar a tonelada por hora como unidade de medida de capacidade produtiva. A Equação (12) - tonelada hora será utilizada para converter o tempo padrão, que foi previamente encontrado, em capacidade produtiva de toneladas por hora, isso facilitará a compreensão e a comparação dos dados com as demais fontes de informação da linha de produção.

$$\text{tonelada hora} = \frac{3600 * \text{peso do produto}}{\left(\frac{\text{tempo padrão}}{\text{número de unidades}}\right)} \quad (12)$$

É importante destacar que, na Equação (12) tonelada hora, a variável número de unidades está relacionado à quantidade de produtos analisados durante um ciclo de tempo padrão. Como, em uma fase do processo que envolve caixas contendo mais de uma unidade do produto, o valor do número de unidades será a quantidade de produtos presentes na caixa. Além disso, na variável peso do produto, a unidade de medida adotada será a tonelada. Isso significa que um produto que pese 500 gramas terá seu peso equivalente a 0,0005 toneladas. O resultado dessa transformação resultará na capacidade produtiva de uma etapa do processo em toneladas por hora.

3.4.2 Aderência de produção

A aderência de produção ou *Service Level Agreement* (SLA), é utilizada para medir o quanto o processo produtivo de uma empresa está aderente ao seu plano de produção. Uma boa aderência de produção implica em executar as atividades de acordo com o plano estabelecido. A aderência pode ser calculada realizando a razão entre os valores previamente

coletados de volume produzido e a demanda comercial, como demonstrado na Equação (13) - aderência, onde a taxa encontrada será classificada como acima, dentro ou abaixo do plano de produção.

$$Aderência = \frac{Volume\ produzido}{Demanda\ comercial} \quad (13)$$

3.4.3 Classificação da aderência de produção

Quando a produção está adiantada em relação ao planejamento. Isso significa que a empresa está produzindo mais do que o necessário, o que pode levar a um aumento do estoque de produtos acabados, maiores custos de armazenamento e risco de obsolescência de produtos. Nessa situação a aderência será considerada acima do plano de produção. Se a produção está alinhada com o planejado, a empresa está conseguindo cumprir com a demanda, sem atrasos nem adiantamentos significativos. É o cenário ideal, onde a aderência será considerada dentro do plano de produção. Já quando produção está atrasada em relação ao planejado por diversos possíveis motivos, a aderência será considerada abaixo do plano de produção.

3.4.4 Cálculo do OEE

Utilizando os dados coletados no sistema MES, será possível efetuar os cálculos dos indicadores de disponibilidade utilizando a Equação (4) - disponibilidade, avaliar a performance utilizando a Equação (5) - performance e mensurar a qualidade por meio da Equação (6) - qualidade. Com base nessas métricas, será possível calcular o OEE utilizando a Equação (7) - OEE, a fim de avaliar a eficiência global dos equipamentos.

3.4.5 Capacidade produtiva real

A mensuração da capacidade produtiva real é uma etapa crucial para entender a eficiência do sistema produtivo como um todo. Essa abordagem tem como objetivo obter uma medida quantitativa que reflita a capacidade real de produção. Ao multiplicar a capacidade produtiva de um colaborador da etapa do processo produtivo pelo número de pessoas na etapa, como na Equação (14) - capacidade real, é possível ter uma visão mais clara da capacidade de

produção atual, levando em consideração tanto os recursos de produção quanto a força de trabalho disponível em cada etapa do processo.

$$\textit{Capacidade real} = \textit{Capacidade} * n^{\circ} \textit{ de colaboradores} \quad (14)$$

3.4.6 *Transformação do tempo de ciclo*

O conceito de tempo de ciclo, também conhecido como *takt time*, envolve a relação entre o tempo disponível para produção e a demanda comercial, conforme demonstrado na Equação (8) - tempo de ciclo. Essa equação resulta em uma medida expressa em horas por tonelada. No entanto, para conciliar essa informação com a capacidade produtiva calculada, é necessário realizar a conversão do tempo de ciclo de horas por tonelada para toneladas por hora. Essa conversão é obtida invertendo as grandezas da Equação (8) - tempo de ciclo, elevando-a a menos um, conforme ilustrado na Equação (15) - ciclo transformado.

$$\textit{Tempo de ciclo transformado} = \left(\frac{\textit{Tempo disponível}}{\textit{Demanda}} \right)^{-1} \quad (15)$$

Após converter o tempo de ciclo, obtém-se informações sobre o volume de capacidade produtiva que cada etapa do processo deve alcançar para suprir a demanda comercial.

3.4.7 *Ociosidade e eficiência*

Para determinar a ociosidade da linha de produção, é necessário realizar a subtração da capacidade produtiva de cada etapa pela menor capacidade produtiva de todo o processo. Esse cálculo deve ser feito para todas as etapas envolvidas. Em seguida, é possível calcular a ociosidade total utilizando a Equação (10) - ociosidade. Uma vez obtido o valor da ociosidade, é possível calcular a eficiência da linha de produção, que é complementar à ociosidade. A eficiência é determinada por 1 subtraído pelo valor da ociosidade, conforme a Equação (11) - utilização.

É importante observar que quando os valores de ociosidade são extremamente baixos, indica-se que não há margem de tempo ocioso disponível no processo para lidar com problemas ou imprevistos. Isso pode resultar em dificuldades para corrigir problemas, uma vez que não há tempo livre na produção para acomodar a resolução de questões que possam surgir. Portanto, é fundamental monitorar e gerenciar os níveis de ociosidade e eficiência de forma adequada, a fim de garantir a resiliência e a capacidade de resposta do processo produtivo diante de eventuais problemas.

3.4.8 Número ideal de colaboradores

O número ideal de colaboradores em um processo produtivo é determinado levando em consideração fatores como a demanda comercial, a capacidade produtiva e o tempo programado para produção. Esse cálculo é realizado dividindo o tempo de ciclo de cada etapa do processo pela sua capacidade produtiva, como demonstrado na Equação (16) - número ideal. Essa divisão resulta na quantidade de pessoas necessárias em cada centro de trabalho para atender à demanda comercial dentro do tempo estabelecido.

Para obter o número ideal total de colaboradores, é necessário realizar esse cálculo para cada etapa do processo produtivo e, em seguida, somar os valores obtidos. No entanto, é importante destacar que os valores encontrados exigem uma análise crítica, uma vez que raramente serão números inteiros. Na prática, o número de pessoas necessário em uma etapa específica do processo será um valor inteiro, o que pode requerer o arredondamento do número ideal para o próximo número inteiro. Essa consideração é importante para garantir que a distribuição do trabalho seja viável.

$$n^{\circ} \text{ ideal de colaboradores} = \frac{\text{tempo de ciclo}}{\text{capacidade da etapa}} \quad (16)$$

3.4.9 Número nominal de colaboradores

A capacidade nominal de colaboradores será calculada de forma distinta, uma vez que não levará em consideração o tempo programado para produzir ou a demanda comercial, mas sim o volume de capacidade produtiva das etapas do processo, preferencialmente o volume máximo que cada etapa pode alcançar.

O cálculo será realizado dividindo-se a capacidade produtiva do gargalo ou etapa de maior importância na fabricação do produto, pela capacidade produtiva de cada uma das demais etapas do processo, conforme a Equação (17) - número nominal.

A capacidade nominal de colaboradores nos fornecerá a quantidade de pessoas necessária para alcançar o balanceamento com eficiência máxima. No entanto, é importante ressaltar que, é necessária uma análise crítica, uma vez que não é possível usar frações de pessoas na prática. Portanto, é importante considerar as limitações práticas do uso de colaboradores inteiros ao determinar a capacidade nominal, a fim de garantir a viabilidade e efetividade do balanceamento de produção.

$$n^{\circ} \text{ nominal de colaboradores} = \frac{\text{capacidade do gargalo}}{\text{capacidade da etapa}} \quad (17)$$

3.4.10 Impacto financeiro

Para avaliar o impacto financeiro da falta de colaboradores na linha de produção, serão utilizados os dados do sistema MES, que registra os tempos de parada. No entanto, para uma análise mais detalhada, será feita uma estratificação desses tempos, focando nos tempos de parada causados pela falta de colaboradores, ou seja, quando a quantidade de colaboradores disponíveis é menor do que a necessária, levando à paralisação da linha de produção.

Esses tempos de parada serão multiplicados pela capacidade produtiva do gargalo do processo, que é o ponto que limita a produção, resultando no volume que deixou de ser produzido devido à falta de colaboradores.

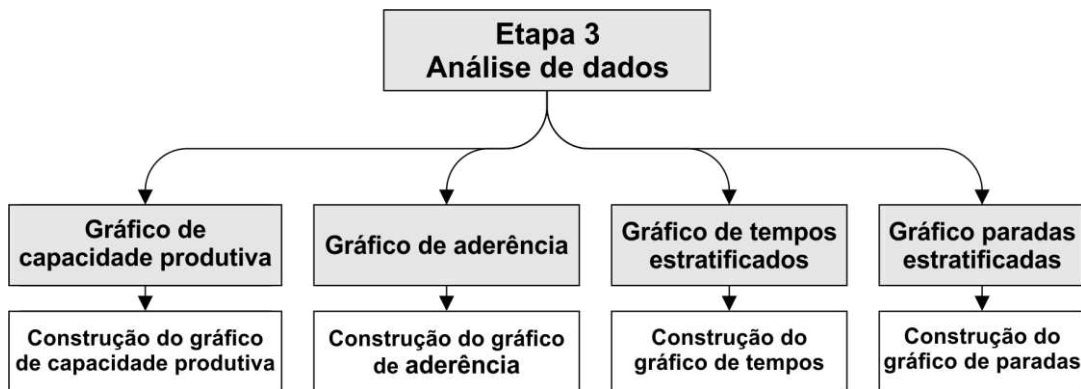
Em seguida, o volume que deixou de ser produzido será multiplicado pela margem de contribuição do produto, conforme a Equação (18) - impacto financeiro. Essa abordagem permitirá quantificar o impacto financeiro direto da falta de colaboradores na linha de produção, fornecendo uma estimativa realista do valor que deixou de ser produzido devido à paralisação da produção por falta de recursos humanos adequados.

$$\text{impacto} = \text{parada por absenteísmo} * \text{gargalo} * \text{contribuição} \quad (18)$$

3.5 Etapa 3 - Análise dos resultados

A análise de resultados é uma etapa essencial no processo de obtenção de conclusões a partir dos dados coletados. Essa análise visa extrair informações relevantes e significativas que possam contribuir na tomada de decisão ou validar hipóteses, conforme a Figura 7.

Figura 7 – Fluxograma da análise dos resultados



Fonte: Elaborador pelo autor (2023).

3.5.1 Gráfico de capacidade produtiva

Com o objetivo de facilitar o entendimento, a capacidade produtiva Equação (14) - capacidade real e o tempo de ciclo Equação (15) - ciclo transformado, foram plotados em um gráfico. Dessa forma, a capacidade da etapa não pode ser menor que o tempo de ciclo, ou a demanda comercial não será atingida. Com base nesses dados, geram-se metas de desempenho que devem ser alcançadas em cada etapa do processo.

3.5.2 Gráfico de aderência

Com o objetivo de proporcionar uma compreensão geral do SLA, propõe-se a representação dos valores em um gráfico de pizza estratificado, destacando especificamente a aderência abaixo do plano de produção causada pela falta de colaboradores.

3.5.3 *Gráfico de estratificação dos tempos*

Utilizando os dados coletados no sistema MES, será feito um gráfico barras empilhadas, com o objetivo de proporcionar uma visualização clara e compreensível da alocação dos tempos na linha de produção. Essa abordagem visa estratificar e representar os tempos de produção de maneira organizada.

Com o objetivo de obter uma compreensão mais abrangente dos períodos de paradas não planejadas, propõe-se um gráfico de Pareto. Ao aplicar essa metodologia, será possível visualizar de maneira gráfica e hierarquizada quais são as causas mais recorrentes ou que possuem maior impacto nas paradas da linha de produção. Isso permitirá direcionar os esforços da equipe responsável para ações corretivas e preventivas, visando minimizar ou eliminar essas causas principais e, conseqüentemente, reduzir as interrupções não planejadas.

3.6 Etapa 4 - Proposta de melhoria

Após uma análise crítica das informações, cria-se um plano de ação estratégico, para abordar os principais pontos que impactam negativamente a eficiência do processo produtivo. Com foco nos gargalos identificados, são implementadas medidas específicas para otimizar cada etapa, a fim de obter resultados mais eficientes e maximizar a produtividade.

Para garantir a eficácia dessas medidas, será aplicado o método 5W1H, que ajuda a definir de forma clara e precisa o quê será feito, por quê será feito, quem fará, quando fará, onde fará e como fará. Isso permite manter um controle rigoroso sobre a implementação das soluções e garantir que as ações estejam no caminho certo para alcançar os objetivos de melhoria da eficiência do processo produtivo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 A empresa

A indústria de alimentos em questão possui uma história de sucesso de 52 anos no mercado. Com uma presença sólida e uma reputação bem estabelecida, a empresa se destaca como uma das principais produtoras de alimentos do país.

A empresa emprega mais de quatro mil colaboradores diretos, o que demonstra sua importância como geradora de empregos na região. Esses colaboradores desempenham funções em nove fábricas e dez centros de distribuição estrategicamente localizados, permitindo que seus produtos alcancem facilmente os pontos de venda em todos os estados. Com mais de 200 itens em sua linha de produção, a empresa atende a diversas demandas e preferências dos consumidores.

O estudo de caso se concentrou em uma das indústrias localizada no estado do Ceará. Ao examinar suas operações, é possível identificar práticas de sucesso e lições que podem ser aplicadas em indústrias de diferentes segmentos. Durante a pesquisa, foram analisados diversos aspectos da indústria, incluindo processos de produção, gestão de recursos humanos e tempos de produção. Por meio dessa abordagem abrangente, foi possível compreender melhor a dinâmica e os desafios enfrentados pela empresa.

Em suma, a indústria de alimentos em questão é um exemplo de sucesso no mercado. Com sua longa história, suas instalações de produção e distribuição eficientes e sua ampla gama de produtos, a empresa se destaca como uma referência no setor.

4.2 Realização da coleta de dados

A coleta de dados é um processo fundamental para obter informações relevantes. Envolve a obtenção e registro sistemático de dados sobre um determinado tema. Garantir a qualidade dos dados é essencial, com amostragem adequada e instrumentos de coleta confiáveis.

4.2.1 Análise da quantidade real de colaboradores

O início do projeto consiste em obter informações junto à empresa, o que foi realizado por meio de visitas à indústria. Durante essas visitas, foi possível compreender o

funcionamento da linha de produção, a qual é o foco desse estudo e é composta por quatro etapas distintas. O processo se inicia com o envase, que consiste na inserção do produto em sua embalagem. Em seguida, vem a etapa de montagem da caixa, na qual ocorre a construção da caixa de papelão destinada ao armazenamento dos produtos. Após essa fase, entra a embalagem propriamente dita, na qual os colaboradores colocam doze unidades do produto dentro da caixa. Por fim, temos a paletização, na qual as caixas são organizadas em formato de palete, como mostra o fluxograma da Figura 8.

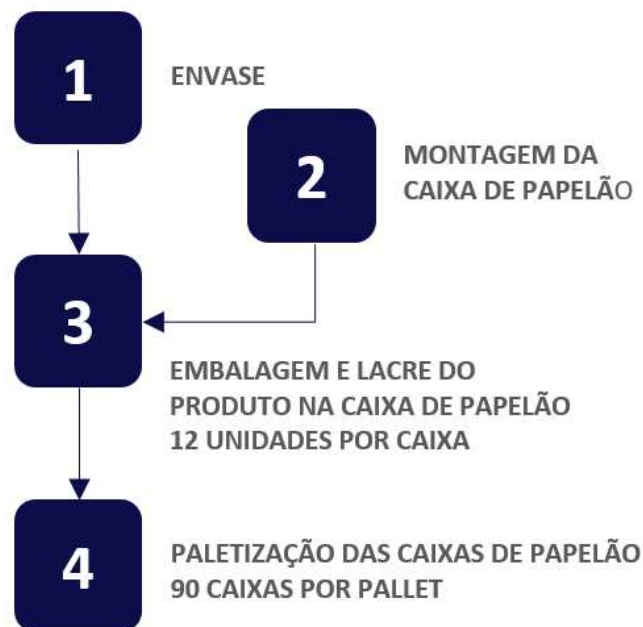
Além disso, foram realizadas entrevistas com os colaboradores e o gestor da área, revelando que o processo produtivo é composto por um total de cinco colaboradores por turno, conforme apresentado no Quadro 5. Vale ressaltar que a empresa opera 24 horas por dia, com turnos de 12 horas cada. Durante esses períodos, é concedida uma hora de tempo permissivo para atividades como almoço, pausas para ir ao banheiro e outras necessidades. Por motivos de segurança da empresa, será assumida uma margem de contribuição fictícia de 1000 reais por tonelada do produto.

Quadro 5 – Quantidade real de colaboradores

ENVASE	CAIXA	EMBALAGEM	PALETIZAÇÃO	TOTAL
1	1	2	1	5

Fonte: Elaborador pelo autor (2023).

Figura 8 – Fluxograma do processo



Fonte: Elaborador pelo autor (2023).

4.2.2 Coleta do tempo de execução das atividades

Na etapa inicial, foram obtidas cinquenta amostras dos tempos de execução de cada atividade. Durante essa fase, foi observado que os colaboradores desempenharam as tarefas em seu ritmo de trabalho habitual. É importante ressaltar que o ritmo de trabalho foi validado pelo gestor da área durante a coleta dos tempos. Portanto, podemos considerar o ritmo de trabalho durante a coleta dos tempos como 100%.

4.2.3 Análise da demanda comercial e volume produzido

Com o auxílio do setor de PCP, foi realizada uma solicitação formal para obter os valores de demanda comercial, ou seja, a quantidade a ser produzida por período. Além disso, o setor de logística pôde fornecer o volume efetivamente produzido e pronto para a distribuição, como evidenciado no Quadro 6.

Quadro 6 – Demanda e produção

ANO	MÊS	DEMANDA	PRODUÇÃO	ADERÊNCIA
2022	JANEIRO	1.499 ton	1.254 ton	84%
2022	FEVEREIRO	1.369 ton	1.239 ton	90%
2022	MARÇO	1.534 ton	1.247 ton	81%
2022	ABRIL	1.660 ton	1.361 ton	82%
2022	MAIO	1.232 ton	1.089 ton	88%
2022	JUNHO	1.234 ton	1.103 ton	89%
2022	JULHO	1.639 ton	1.300 ton	79%
2022	AGOSTO	1.737 ton	1.402 ton	81%
2022	SETEMBRO	1.429 ton	1.264 ton	88%
2022	OUTUBRO	1.482 ton	1.324 ton	89%
2022	NOVEMBRO	1.491 ton	1.284 ton	86%
2022	DEZEMBRO	1.461 ton	1.352 ton	92%
2023	JANEIRO	1.510 ton	1.416 ton	94%
2023	FEVEREIRO	1.365 ton	1.162 ton	85%
2023	MARÇO	1.324 ton	1.229 ton	93%
2023	ABRIL	1.121 ton	1.081 ton	96%
MÉDIA		1.443 ton	1.257 ton	87%

Fonte: Elaborador pelo autor (2023).

4.2.4 Análise dos tempos produtivos

Por meio da utilização do sistema MES já implementado na empresa, foi viável coletar de forma automatizada todos os tempos produtivos, como demonstrado no Quadro 7. Além disso, foi realizada a estratificação das paradas não planejadas, que são denominadas como paradas corretivas, no sistema MES. Vale ressaltar que existem diversos motivos de paradas não planejadas, porém, devido a magnitude dos dados, apenas uma parte deles serão exibidos no Quadro 8, focando no tempo de parada não planejada por falta de colaboradores.

Quadro 7 – Tempos produtivos (horas:minutos)

ANO	2022	2022	2022	2022	2022	2022	2022	2022
MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO
TEMPO TOTAL	744:00	672:00	744:00	720:00	744:00	719:39	744:00	744:00
TEMPO SEM SISTEMA	0:33	6:30	1:42	0:12	0:50	8:15	1:51	0:18
PARADA PLANEJADA	80:30	63:06	102:57	77:00	110:48	119:13	64:37	76:38
TEMPO DISPONÍVEL	662:55	602:22	639:19	642:47	632:20	592:11	677:30	667:03
PARADA CORRETIVA	240:25	221:20	222:17	224:55	291:13	257:23	331:17	267:00
TEMPO PRODUÇÃO	422:29	381:02	417:02	417:51	341:07	334:48	346:12	400:02
PERDA DE RITMO	41:53	119:09	153:39	125:07	0:52	0:32	29:14	52:06
PRODUÇÃO HIPOTÉTICA	380:36	261:52	263:22	292:44	340:14	357:23	316:57	347:56
PRODUÇÃO LIQUIDA	380:36	261:52	263:22	292:44	340:14	357:23	316:57	347:56
TEMPO DE REFUGO	156:39	40:42	40:44	49:39	145:49	160:20	84:44	97:30
TEMPO QUALIDADE	223:56	221:10	222:38	243:05	194:25	197:02	232:13	250:26
ANO	2022	2022	2022	2022	2023	2023	2023	2023
MÊS	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR
TEMPO TOTAL	720:00	744:00	720:00	744:00	744:00	671:35	744:00	720:00
TEMPO SEM SISTEMA	1:56	0:22	0:07	1:10	83:13	4:39	10:11	7:26
PARADA PLANEJADA	103:17	75:12	81:20	75:00	67:13	66:54	65:52	95:14
TEMPO DISPONÍVEL	614:46	668:24	638:32	667:49	593:32	600:01	667:55	617:19
PARADA CORRETIVA	259:02	268:20	287:43	283:08	271:54	300:41	309:33	302:32
TEMPO PRODUÇÃO	355:43	400:03	350:49	384:40	321:38	299:20	358:22	314:46
PERDA DE RITMO	96:01	88:30	84:45	127:49	67:18	152:11	105:06	46:05
PRODUÇÃO HIPOTÉTICA	259:41	311:32	266:03	256:50	254:20	147:08	253:15	268:41
PRODUÇÃO LIQUIDA	259:41	311:32	266:03	256:50	254:20	147:08	253:15	268:41
TEMPO DE REFUGO	33:55	75:07	36:47	15:29	1:27	0:00	33:50	75:39
TEMPO QUALIDADE	225:46	236:25	229:15	241:21	252:53	147:08	219:25	193:01

Fonte: Elaborador pelo autor (2023).

Quadro 8 – Estratificação de paradas não planejadas

ANO	MÊS	MOTIVO	TEMPO
2022	JANEIRO	Falta de colaboradores	6:23
2022	FEVEREIRO	Falta de colaboradores	6:56
2022	MARÇO	Falta de colaboradores	6:48
2022	ABRIL	Falta de colaboradores	3:22
2022	MAIO	Falta de colaboradores	1:26
2022	JUNHO	Falta de colaboradores	1:18
2022	JULHO	Falta de colaboradores	2:36
2022	AGOSTO	Falta de colaboradores	4:54
2022	SETEMBRO	Falta de colaboradores	2:31
2022	OUTUBRO	Falta de colaboradores	8:58
2022	NOVEMBRO	Falta de colaboradores	2:00
2022	DEZEMBRO	Falta de colaboradores	1:40
2023	JANEIRO	Falta de colaboradores	0:25
2023	FEVEREIRO	Falta de colaboradores	3:21
2023	MARÇO	Falta de colaboradores	1:34
2023	ABRIL	Falta de colaboradores	0:51
SOMA		Falta de colaboradores	55:12
MÉDIA		Falta de colaboradores	3:27

Fonte: Elaborador pelo autor (2023).

4.3 Limpeza e tratamento de dados

No processo de tratamento de dados foi realizada a limpeza, removendo informações irrelevantes. Em seguida, os dados foram organizados em formatos adequados para facilitar a análise e processamento posterior.

4.3.1 Cálculo da capacidade produtiva

Após a coleta das informações necessárias, foi dado início ao processo de cronoanálise, uma etapa fundamental para a análise detalhada dos tempos de execução das atividades. Para realizar esse estudo de forma precisa e sistemática, foi utilizado uma prancheta e um cronômetro digital. A prancheta proporcionou uma superfície adequada para registrar os dados relevantes, enquanto o cronômetro digital permitiu uma medição precisa e confiável dos tempos envolvidos em cada atividade analisada.

4.3.1.1 Cálculo do número de ciclos

Com as amostras coletadas, foi aplicada a Equação (1) - ciclos a serem cronometrados, para validar se o número de amostras era adequado, a fim de garantir a confiabilidade dos dados. Os resultados obtidos estão apresentados no Quadro 9, incluindo respectivamente a média, o nível de confiança utilizado, a amplitude dos dados, o erro relativo assumido, o coeficiente do número de amostras iniciais e, por fim, o número de amostras necessárias.

Quadro 9 – Número de ciclos a serem cronometrados do processo

Etapa	ENVASE	CAIXA	EMBALAGEM	PALETIZAÇÃO
\bar{x}	0,58 s	3,97 s	11,48 s	8,62 s
Z	1,96	1,96	1,96	1,96
R	0,28 s	1,88 s	4,48 s	1,89 s
Er	5%	5%	5%	5%
d_z	4,498	4,498	4,498	4,498
N	17,79	17,06	11,58	3,65

Fonte: Elaborador pelo autor (2023).

Conforme destacado no Quadro 9, nenhuma atividade exigiu um número de amostras superior ao inicialmente coletado de 50 amostras. Isso mostra que os dados obtidos durante a coleta são suficientes e podem ser utilizados de forma adequada nas próximas etapas da cronoanálise. Essa constatação garante a confiabilidade e a representatividade dos dados para embasar as análises posteriores.

4.3.1.2 Cálculo do tempo normal

Conforme citado anteriormente, foi confirmado junto ao gestor que os colaboradores estavam operando em um ritmo regular. Portanto, o ritmo observado adotado foi de 100%. Com base nisso, utilizando a média das 50 amostras iniciais, foi possível determinar o tempo normal utilizando a Equação (2) - tempo normal, conforme apresentado no Quadro 10.

Quadro 10 – Tempos normal das etapas do processo produtivo

Etapa	ENVASE	CAIXA	EMBALAGEM	PALETIZAÇÃO
Média	0,58 s	3,97 s	11,48 s	8,62 s
Ritmo de trabalho	100%	100%	100%	100%
Ritmo observado	100%	100%	100%	100%
Tempo normal	0,58 s	3,97 s	11,48 s	8,62 s

Fonte: Elaborador pelo autor (2023).

4.3.1.3 Cálculo do tempo padrão

Após a realização da entrevista com o gestor, foi constatado que os colaboradores trabalham em turnos de 12 horas, com 1 hora de tempo permissivo. No entanto, é importante destacar que o processo de envase é realizado por uma máquina operada por um colaborador, o que torna desnecessário o tempo permissivo para essa atividade específica. Portanto, como a máquina não tem fadiga ou pausas para descanso, o tempo permissivo atribuído a essa atividade será de 0 horas.

Com base no tempo normal obtido no Quadro 10, é possível calcular o tempo padrão de cada atividade utilizando a Equação (3) - tempo padrão. Os resultados desses cálculos estão apresentados no Quadro 11. Esses valores representam o tempo padrão necessário para executar cada atividade de forma eficiente, considerando o ritmo regular dos colaboradores.

Quadro 11 – Tempo padrão das etapas do processo produtivo

Etapa	ENVASE	CAIXA	EMBALAGEM	PALETIZAÇÃO
Tempo normal	0,58 s	3,97 s	11,48 s	8,62 s
Tempo trabalhado	12 h	12 h	12 h	12 h
Tempo permissivo	0 h	1 h	1 h	1 h
Fator de tolerância	1,00	1,09	1,09	1,09
Tempo padrão	0,58 s	4,33 s	12,52 s	9,40 s

Fonte: Elaborador pelo autor (2023).

4.3.1.4 Conversão das unidades de medida

Com base nos resultados obtidos no Quadro 11, foi possível determinar a duração de cada etapa do processo produtivo. No entanto, é importante ressaltar que nesta indústria, a unidade de medida utilizada é a tonelada. Portanto, será necessário converter os tempos padrões, encontrado em segundos, para capacidade produtiva em toneladas por hora.

Para realizar essa conversão, é aplicada a Equação (12) - tonelada hora. O produto da linha de produção estudada possui um peso de 900 gramas. Portanto, adotaremos o valor de 0,0009 toneladas. Além disso, é importante observar que o envase ocorre de forma unitária, com uma única unidade do produto por vez. No entanto, as demais atividades são realizadas em caixas contendo 12 unidades do produto, conforme apresentado no Quadro 12. Dessa forma, utilizando a Equação (12) - tonelada hora, foi viável calcular a capacidade de produção de cada etapa do processo em toneladas por hora.

Quadro 12 – Capacidade produtiva das etapas do processo produtivo

Etapa	ENVASE	CAIXA	EMBALAGEM	PALETIZAÇÃO
Tempo padrão	0,58 s	4,33 s	12,52 s	9,40 s
Número de unidades	1	12	12	12
peso do produto	0,0009 ton	0,0009 ton	0,0009 ton	0,0009 ton
Tonelada hora	5,60 ton/h	8,98 ton/h	3,11 ton/h	4,13 ton/h

Fonte: Elaborador pelo autor (2023).

4.3.2 Análise da aderência da produção

A empresa estabeleceu critérios para classificar a aderência de produção com base nas ordens de produção. Para índices inferiores a 90%, a classificação será "abaixo". Para índices entre 90% e 120%, a classificação será "dentro", e para índices acima de 120%, será considerada a classificação "acima". Além disso, quando a aderência de produção fica abaixo do planejado, é atribuída uma causa específica que resultou nesse desempenho indesejado. Aplicando a Equação (13) - aderência, em cada ordem de produção, encontramos os resultados da quantidade de classificações do SLA em cada mês, conforme o Quadro 13.

Quadro 13 – Ocorrências de aderência de produção

ANO	MÊS	ACIMA	DENTRO	ABAIXO	ABAIXO POR FALTA DE COLABORADOR
2022	JANEIRO	1	57	24	8
2022	FEVEREIRO	2	47	16	1
2022	MARÇO	3	39	25	1
2022	ABRIL	0	42	25	6
2022	MAIO	1	48	9	2
2022	JUNHO	1	40	15	3
2022	JULHO	1	47	24	1
2022	AGOSTO	0	48	25	1
2022	SETEMBRO	0	44	19	2
2022	OUTUBRO	3	46	16	6
2022	NOVEMBRO	2	41	17	1
2022	DEZEMBRO	5	36	16	1
2023	JANEIRO	8	35	22	1
2023	FEVEREIRO	3	36	17	0
2023	MARÇO	4	44	15	0
2023	ABRIL	3	45	10	1
MÉDIA		2,8	43,4	18,4	2,5

Fonte: Elaborador pelo autor (2023).

4.3.3 Análise do OEE

Após a coleta de dados do Quadro 7, foi possível efetuar os cálculos dos indicadores de disponibilidade utilizando a Equação (4) - disponibilidade, avaliar a performance utilizando a Equação (5) - performance, mensurar a qualidade por meio da Equação (6) - qualidade e após isso calcular o OEE, utilizando a Equação (7) - OEE, a fim de avaliar a eficiência global dos equipamentos. Os resultados estão exibidos no Quadro 14.

Quadro 14 – Disponibilidade, performance, qualidade e OEE

ANO	MÊS	DISPONIBILIDADE	PERFORMANCE	QUALIDADE	OEE
2022	JANEIRO	63,73%	90,08%	58,84%	33,78%
2022	FEVEREIRO	63,26%	68,73%	84,46%	36,72%
2022	MARÇO	65,23%	63,16%	84,53%	34,83%
2022	ABRIL	65,01%	70,06%	83,04%	37,82%
2022	MAIO	53,95%	99,74%	57,14%	30,75%
2022	JUNHO	56,54%	106,74%	55,14%	33,27%
2022	JULHO	51,10%	91,55%	73,27%	34,28%
2022	AGOSTO	59,97%	86,98%	71,98%	37,55%
2022	SETEMBRO	57,86%	73,00%	86,94%	36,72%
2022	OUTUBRO	59,85%	77,87%	75,89%	35,37%
2022	NOVEMBRO	54,94%	75,84%	86,17%	35,90%
2022	DEZEMBRO	57,60%	66,77%	93,97%	36,14%
2023	JANEIRO	54,19%	79,08%	99,43%	42,61%
2023	FEVEREIRO	49,89%	49,16%	100,00%	24,53%
2023	MARÇO	53,65%	70,67%	86,64%	32,85%
2023	ABRIL	50,99%	85,36%	71,84%	31,27%
MÉDIA		57,36%	78,42%	79,33%	34,65%

Fonte: Elaborador pelo autor (2023).

4.3.4 Cálculo da capacidade produtiva real

Uma maneira de obter uma visão clara da capacidade de produção atual é multiplicar a capacidade produtiva de cada colaborador em uma etapa específica do processo produtivo pelo número de pessoas nessa etapa, conforme expresso na Equação (14) - capacidade real. Essa fórmula permite levar em consideração tanto os recursos de produção disponíveis quanto a força de trabalho de cada etapa do processo. Os resultados encontrados estão expostos no Quadro 15.

Quadro 15 – Capacidade produtiva real

ETAPA	CAPACIDADE	COLABORADORES	CAPACIDADE REAL
ENVASE	5,60 ton/h	1	5,60 ton/h
CAIXA	8,98 ton/h	1	8,98 ton/h
EMBALAGEM	3,11 ton/h	2	6,21 ton/h
PALETIZAÇÃO	4,13 ton/h	1	4,13 ton/h

Fonte: Elaborador pelo autor (2023).

4.3.5 Cálculo do tempo de ciclo

Ao utilizar a Equação (8) - tempo de ciclo, foi realizado o cálculo de conversão do tempo de ciclo, a fim de estabelecer uma relação entre essa informação e a capacidade produtiva real, como demonstrado no Quadro 15. Os resultados obtidos foram registrados no Quadro 16. Após a conversão do tempo de ciclo, determina-se o volume de capacidade produtiva que cada etapa do processo deve atingir para atender à demanda comercial.

Quadro 16 –Tempo de ciclo transformado

ANO	MÊS	TEMPO DISPONÍVEL	DEMANDA TON	CICLO
2022	JANEIRO	662,92 h	1.499 ton	2,26 ton/h
2022	FEVEREIRO	602,38 h	1.369 ton	2,27 ton/h
2022	MARÇO	639,33 h	1.534 ton	2,40 ton/h
2022	ABRIL	642,78 h	1.660 ton	2,58 ton/h
2022	MAIO	632,35 h	1.232 ton	1,95 ton/h
2022	JUNHO	592,19 h	1.234 ton	2,08 ton/h
2022	JULHO	677,51 h	1.639 ton	2,42 ton/h
2022	AGOSTO	667,06 h	1.737 ton	2,60 ton/h
2022	SETEMBRO	614,77 h	1.429 ton	2,32 ton/h
2022	OUTUBRO	668,41 h	1.482 ton	2,22 ton/h
2022	NOVEMBRO	638,55 h	1.491 ton	2,34 ton/h
2022	DEZEMBRO	667,82 h	1.461 ton	2,19 ton/h
2023	JANEIRO	593,55 h	1.510 ton	2,54 ton/h
2023	FEVEREIRO	600,03 h	1.365 ton	2,27 ton/h
2023	MARÇO	667,93 h	1.324 ton	1,98 ton/h
2023	ABRIL	617,32 h	1.121 ton	1,82 ton/h

Fonte: Elaborador pelo autor (2023).

4.3.6 Cálculo da ociosidade e eficiência

A fim de calcular a ociosidade total do processo, é necessário realizar a subtração da capacidade produtiva de cada etapa pela menor capacidade presente em todo o processo. Essa subtração permite identificar o quanto cada etapa contribui para a ociosidade de capacidade total do sistema. Os resultados dessa subtração são exibidos no Quadro 17.

Quadro 17 – subtração da capacidade produtiva de cada etapa

ENVASE	CAIXA	EMBALAGEM	PALETIZAÇÃO
1,46 ton/h	4,85 ton/h	2,08 ton/h	0,00 ton/h

Fonte: Elaborador pelo autor (2023).

Após realizar a subtração das capacidades produtivas de cada etapa, conforme apresentado no Quadro 17, é possível avançar no cálculo da ociosidade total do processo produtivo. Essa medida nos permite identificar o quanto do potencial de produção está sendo subutilizado ou não aproveitado plenamente. Utilizando a Equação (10) - ociosidade, podemos determinar a ociosidade total do processo produtivo, levando em consideração as diferenças entre as capacidades produtivas das etapas. Esse valor nos proporciona uma visão clara e quantitativa da ineficiência presente no sistema como um todo.

Em posse da ociosidade total, podemos utilizar a Equação (11) - utilização para calcular a eficiência total do processo produtivo. Esse indicador nos permite avaliar o aproveitamento dos recursos disponíveis e a eficácia global do processo em relação à sua capacidade máxima. Os resultados desses cálculos, apresentados no Quadro 18.

Quadro 18 – Ociosidade e eficiência

OCIOSIDADE DO PROCESSO	EFICIÊNCIA DO PROCESSO
50,7%	49,3%

Fonte: Elaborador pelo autor (2023).

4.3.7 Cálculo do número ideal de colaboradores

Para determinar o número ideal de colaboradores, levando em consideração a demanda e o tempo disponível, é necessário aplicar a Equação (16) - número ideal. No entanto, ao analisar os valores encontrados no Quadro 19, é importante observar que eles estão apresentados de forma fracionada, o que dificulta sua aplicação prática. Para contornar essa limitação, é necessário arredondar os valores para o próximo número inteiro. Essa ação é necessária para obter resultados que possam ser aplicados efetivamente na realidade operacional. O arredondamento permitirá a obtenção de um número inteiro de colaboradores que seja viável e adequado para atender às necessidades do processo produtivo de forma eficiente.

Quadro 19 – Número ideal de colaboradores

ANO	MÊS	ENVASE	CAIXA	EMBALAGEM	PALETIZAÇÃO	TOTAL
2022	JANEIRO	0,40	0,25	0,73	0,55	1,93
2022	FEVEREIRO	0,41	0,25	0,73	0,55	1,94
2022	MARÇO	0,43	0,27	0,77	0,58	2,05
2022	ABRIL	0,46	0,29	0,83	0,62	2,21
2022	MAIO	0,35	0,22	0,63	0,47	1,66
2022	JUNHO	0,37	0,23	0,67	0,50	1,78
2022	JULHO	0,43	0,27	0,78	0,59	2,07
2022	AGOSTO	0,47	0,29	0,84	0,63	2,22
2022	SETEMBRO	0,42	0,26	0,75	0,56	1,98
2022	OUTUBRO	0,40	0,25	0,71	0,54	1,89
2022	NOVEMBRO	0,42	0,26	0,75	0,56	1,99
2022	DEZEMBRO	0,39	0,24	0,70	0,53	1,87
2023	JANEIRO	0,45	0,28	0,82	0,62	2,17
2023	FEVEREIRO	0,41	0,25	0,73	0,55	1,94
2023	MARÇO	0,35	0,22	0,64	0,48	1,69
2023	ABRIL	0,32	0,20	0,58	0,44	1,55
	MÉDIA	0,40	0,25	0,73	0,55	1,93

Fonte: Elaborador pelo autor (2023).

Ao realizar o arredondamento dos valores apresentados no Quadro 19 para o próximo número inteiro, obtivemos os resultados exibidos no Quadro 20, oferecendo uma visão mais clara e aplicável dos recursos humanos necessários.

Quadro 20 – Número ideal de colaboradores arredondado

ANO	MÊS	ENVASE	CAIXA	EMBALAGEM	PALETIZAÇÃO	TOTAL
2022	JANEIRO	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00
2022	FEVEREIRO	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00
2022	MARÇO	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00
2022	ABRIL	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00
2022	MAIO	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00
2022	JUNHO	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00
2022	JULHO	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00
2022	AGOSTO	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00
2022	SETEMBRO	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00
2022	OUTUBRO	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00
2022	NOVEMBRO	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00
2022	DEZEMBRO	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00
2023	JANEIRO	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00
2023	FEVEREIRO	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00
2023	MARÇO	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00
2023	ABRIL	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00

Fonte: Elaborador pelo autor (2023).

4.3.8 Cálculo do número nominal de colaboradores

Com o objetivo de obter o número nominal de colaboradores, considerando a capacidade de produção de cada etapa, é necessário utilizar a Equação (17) - número nominal. No entanto, é importante salientar que os valores fornecidos no Quadro 21 estão expressos de forma fracionada, o que impossibilita sua aplicação prática. Portanto, é essencial arredondar esses valores para o próximo número inteiro, a fim de obter um resultado viável e aplicável no contexto real. Como a capacidade de produção permanece constante ao longo dos meses, sem variações, assumiremos o mesmo valor para todos os períodos analisados.

Quadro 21 – Número nominal de colaboradores

ENVASE	CAIXA	EMBALAGEM	PALETIZAÇÃO	TOTAL
1,00	0,36	1,04	0,78	3,19

Fonte: Elaborador pelo autor (2023).

Após arredondar os valores apresentados no Quadro 21 para o próximo número inteiro, os resultados foram registrados no Quadro 22, proporcionando uma visão mais clara e prática das necessidades de recursos humanos.

Quadro 22 – Número nominal arredondado

ENVASE	CAIXA	EMBALAGEM	PALETIZAÇÃO	TOTAL
1,00	1,00	2,00	1,00	5,00

Fonte: Elaborador pelo autor (2023).

4.3.9 Cálculo do impacto financeiro

Utilizando a Equação (18) - impacto financeiro, realizou-se uma análise para mensurar o impacto financeiro causado pela paralisação da linha de produção devido à falta de colaboradores. Os valores obtidos foram registrados no Quadro 23. Essa análise proporcionou uma avaliação mais precisa dos impactos decorrentes da ausência de funcionários.

Quadro 23 - Impacto financeiro

ANO	MÊS	PARADAS	GARGALO	CONTRIBUIÇÃO	IMPACTO
2022	JANEIRO	6,38 h	5,60 ton/h	R\$ 1.000,00	R\$ 35.746,67
2022	FEVEREIRO	6,93 h	5,60 ton/h	R\$ 1.000,00	R\$ 38.826,67
2022	MARÇO	6,80 h	5,60 ton/h	R\$ 1.000,00	R\$ 38.080,00
2022	ABRIL	3,37 h	5,60 ton/h	R\$ 1.000,00	R\$ 18.853,33
2022	MAIO	1,43 h	5,60 ton/h	R\$ 1.000,00	R\$ 8.026,67
2022	JUNHO	1,30 h	5,60 ton/h	R\$ 1.000,00	R\$ 7.280,00
2022	JULHO	2,60 h	5,60 ton/h	R\$ 1.000,00	R\$ 14.560,00
2022	AGOSTO	4,90 h	5,60 ton/h	R\$ 1.000,00	R\$ 27.440,00
2022	SETEMBRO	2,52 h	5,60 ton/h	R\$ 1.000,00	R\$ 14.093,33
2022	OUTUBRO	8,97 h	5,60 ton/h	R\$ 1.000,00	R\$ 50.213,33
2022	NOVEMBRO	2,00 h	5,60 ton/h	R\$ 1.000,00	R\$ 11.200,00
2022	DEZEMBRO	1,67 h	5,60 ton/h	R\$ 1.000,00	R\$ 9.333,33
2023	JANEIRO	0,42 h	5,60 ton/h	R\$ 1.000,00	R\$ 2.333,33
2023	FEVEREIRO	3,35 h	5,60 ton/h	R\$ 1.000,00	R\$ 18.760,00
2023	MARÇO	1,57 h	5,60 ton/h	R\$ 1.000,00	R\$ 8.773,33
2023	ABRIL	0,86 h	5,60 ton/h	R\$ 1.000,00	R\$ 4.842,44
TOTAL		55,06 h	-	-	R\$ 308.362,44
MÉDIA		3,44 h	-	-	R\$ 19.272,65

Fonte: Elaborador pelo autor (2023).

4.4 Análise dos resultados

A análise de dados foi realizada de forma abrangente, levando em consideração o período estudado como um todo. No entanto, é dado um enfoque especial ao mês mais recente disponível, que é abril de 2023. Ao concentrar a análise no mês de abril de 2023, estaremos considerando os dados mais recentes disponíveis até o momento. Essa abordagem é fundamental para garantir que as informações utilizadas sejam as mais atualizadas possíveis, refletindo a situação mais recente do contexto em estudo.

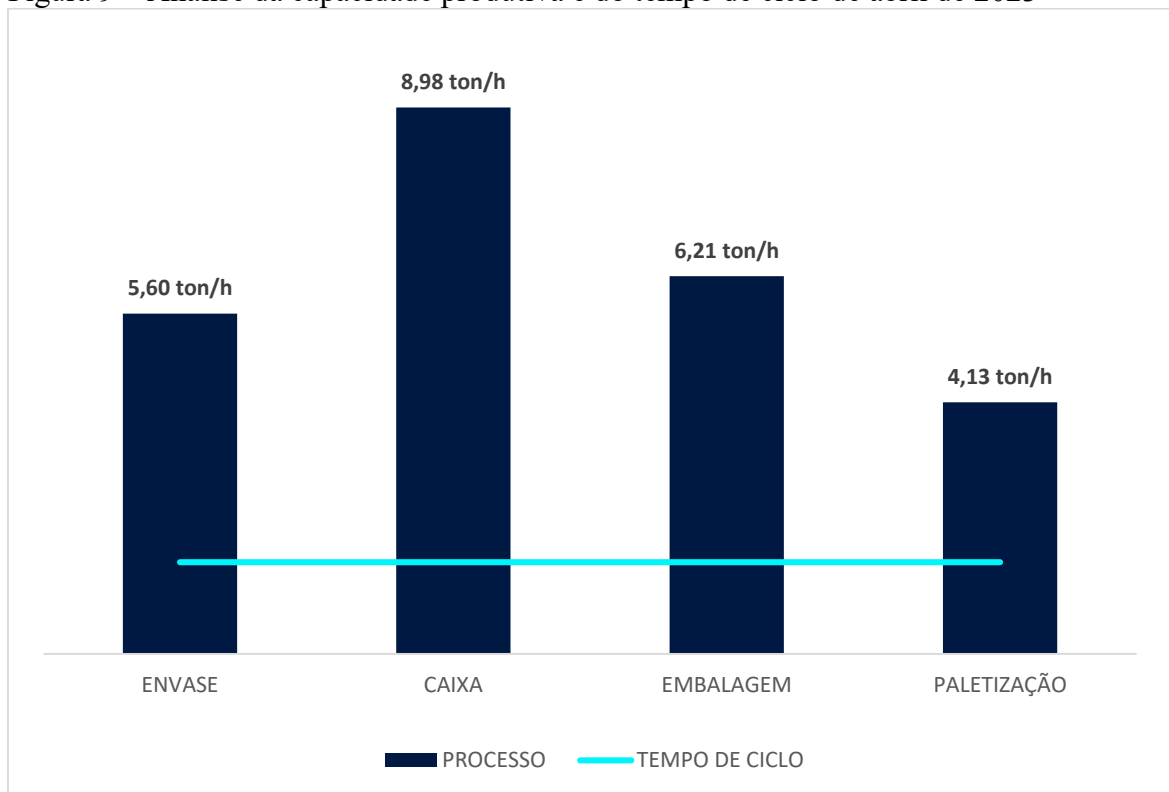
4.4.1 Análise do gráfico de capacidade produtiva

Ao ligarmos as informações de capacidade produtiva apresentadas no Quadro 11 com os dados de tempo de ciclo disponíveis no Quadro 15, podemos visualizar a sua relação. Na Figura 20, essa relação é apresentada de maneira gráfica, representando o mês de abril de 2023. O gráfico da Figura 20, evidencia que o tempo de ciclo se mantém abaixo das capacidades

produtivas de todas as etapas do processo, indicando que o processo como um todo possui capacidade suficiente e tempo disponível para atender a demanda comercial no mês de abril de 2023.

Além disso, ao analisar o histórico de dados, o processo produtivo tem demonstrado capacidade para atender à demanda comercial em todos os períodos estudados. Essa consistência ao longo do tempo indica que o processo é capaz de produzir os produtos necessários, levando em consideração o tempo disponível para produção.

Figura 9 – Análise da capacidade produtiva e do tempo de ciclo de abril de 2023



Fonte: Elaborador pelo autor (2023).

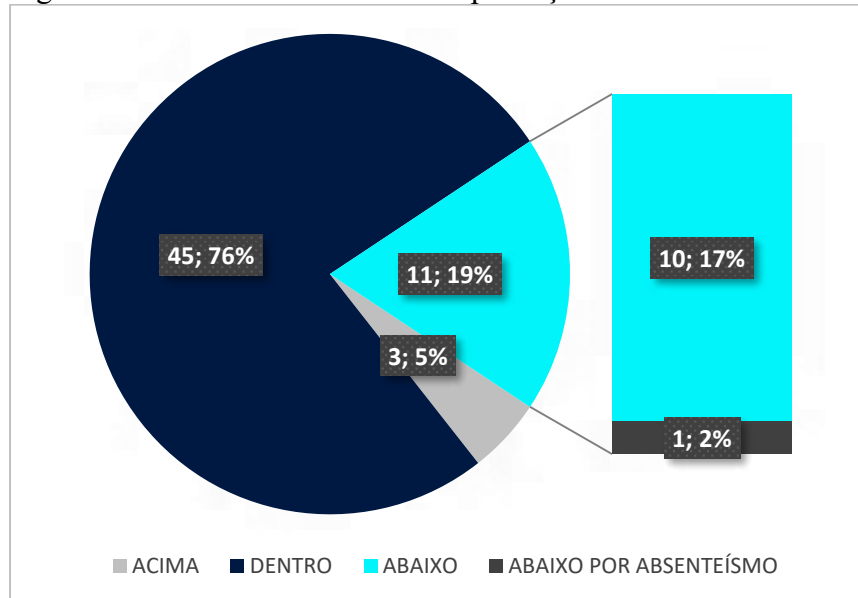
4.4.2 Análise do gráfico de aderência

Com base na análise do gráfico de aderência de produção do mês de abril de 2023, exibido na Figura 10, é possível observar que, das 11 ordens de produção que estiveram abaixo do planejado, apenas uma delas foi atribuída à falta de colaboradores. Isso sugere que o absentismo pode ter algum impacto na baixa aderência de produção, mas em comparação com outras causas, esse impacto é mínimo.

Além disso, ao examinarmos os dados históricos do Quadro 13, constatamos que, por mês, em média 2,5 ordens de produção ficaram abaixo do esperado por falta de

colaboradores. É importante destacar que, a ausência de colaboradores pode resultar em menor eficiência de produção, mesmo que sua contribuição para a baixa aderência seja menor quando comparada com outros fatores.

Figura 10 - Análise da aderência de produção de abril de 2023

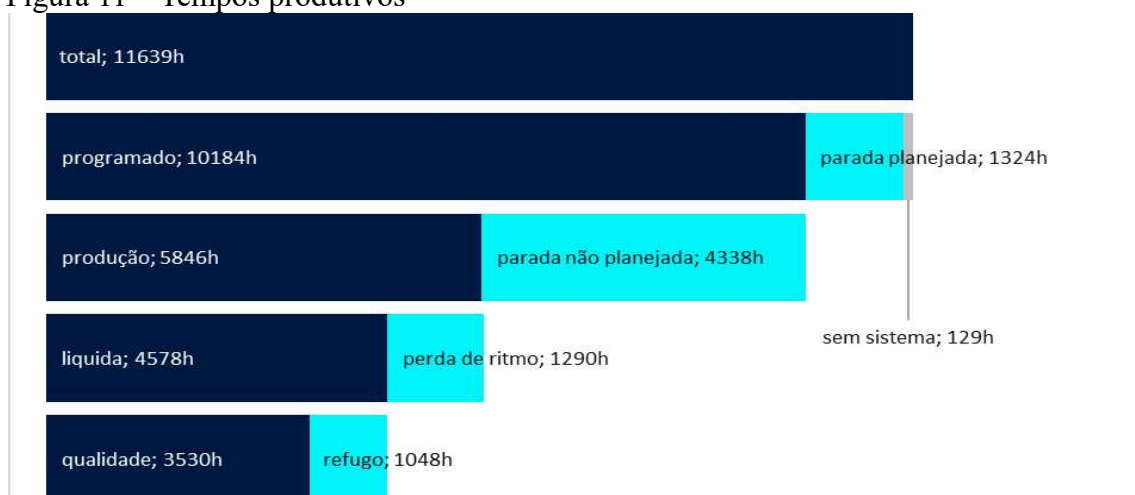


Fonte: Elaborador pelo autor (2023).

4.4.3 Análise do gráfico de estratificação dos tempos

Ao examinarmos a figura 21, que ilustra os tempos produtivos, torna-se evidente a conexão direta que podemos estabelecer com os dados de disponibilidade, performance, qualidade e OEE, que, conforme o Quadro 13, representam em média 57,36%, 78,42%, 79,33% e 34,65%, respectivamente.

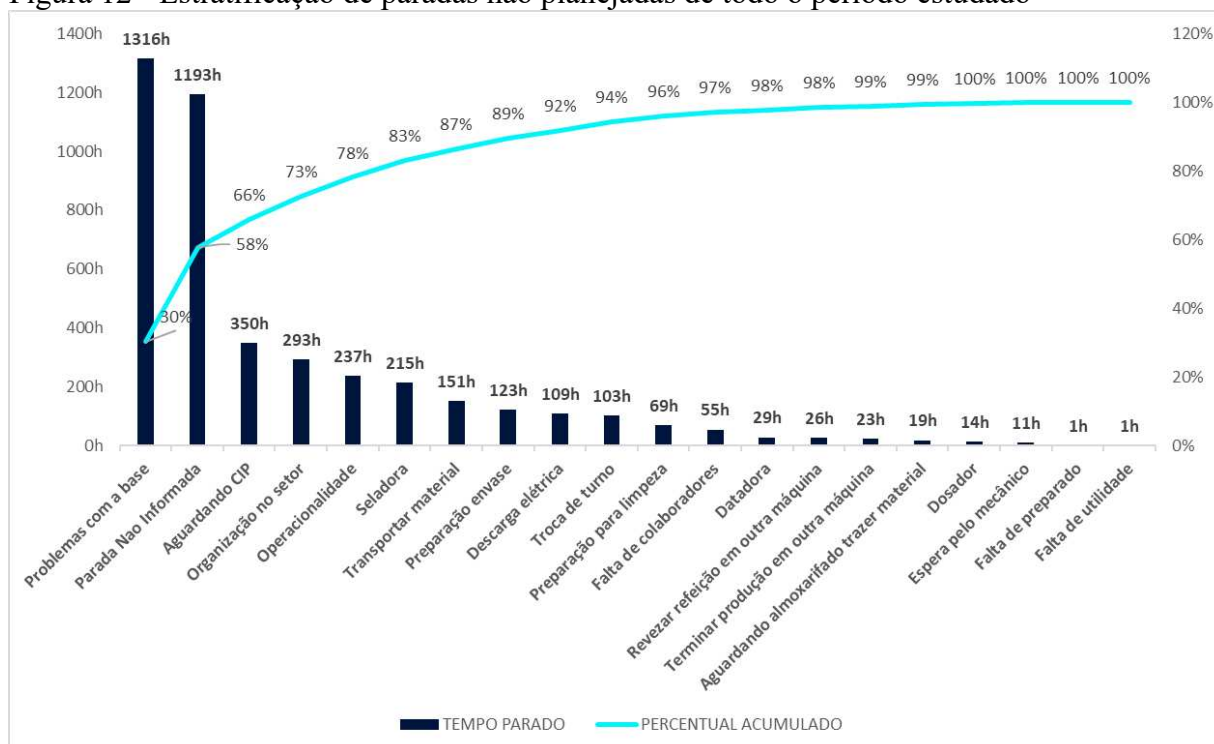
Figura 11 – Tempos produtivos



Fonte: Elaborador pelo autor (2023).

É notável que as horas de parada não planejada exercem um impacto sobre a média de disponibilidade de 57,36%, as 4338 horas de maquinário parado podem ser estratificadas em alguns motivos, conforme representado na Figura 12.

Figura 12 - Estratificação de paradas não planejadas de todo o período estudado



Fonte: Elaborador pelo autor (2023).

Ao analisar as razões das paradas, é notável que os principais responsáveis pela interrupção da linha de produção são os problemas com a base utilizada no produto, as paradas não informadas, aguardando a limpeza local, *clean in place* (CIP) e questões de organização no

setor. Juntas, essas causas representam 73% do tempo parado, tendo um impacto direto na média de disponibilidade de 57,36%

4.5 Proposta de melhoria

Conforme discutido anteriormente, problemas com a base, paradas não informadas, espera pela limpeza CIP e questões de organização no setor assumem uma posição de destaque como as principais causas de paradas nos registros do sistema PW1. Dessa forma, esses serão os pontos onde os esforços serão direcionados.

Porém, questões envolvendo problemas com a base e espera pela limpeza CIP são decorrentes da incapacidade do processo de atender a múltiplas linhas de produção, solucionar essas paradas irá exigir um esforço considerável, incluindo modificações no espaço físico, aquisição de novos tanques, silos, e outros equipamentos, tornando-se inviável em termos de recursos e tempo. Dessa forma, os esforços serão direcionados a solucionar as questões envolvendo paradas não informadas e desorganização no setor.

As paradas não informadas exercem um impacto significativo na integridade dos dados, uma vez que os períodos de parada não informada podem abranger uma parte dos intervalos relacionados a outros motivos. Essa situação evidencia a necessidade de abordar as paradas não informadas. Já o tempo investido na organização do setor pode se originar da maneira como as atividades são executadas e coordenadas, causando um impacto direto na eficiência do processo produtivo como um todo.

4.5.1 Plano de ação

Nesse contexto, foi adotada a estratégia de elaborar um plano de ação, apresentado no Quadro 24, com o objetivo de eliminar ou reduzir de forma significativa as paradas. As ações propostas foram desenvolvidas com ênfase especial nas paradas não informadas e na organização do setor, pois essas áreas possuem capacidade de produzir resultados positivos com menor demanda de recursos financeiros e tempo de implementação.

Quadro 24 – Plano de ação

O QUE?	POR QUE?	ONDE?	QUEM?	QUANDO?	COMO?
Reforçar o programa 5S	Manter a área de trabalho eficiente e organizada	Setor de produção	Responsável pelo 5S e gestor da área	Até data especificada	Verificar a eficácia do 5S, validando principalmente os sentidos de utilização, organização e limpeza
Análise o fluxo de trabalho no setor de produção	Evitar a movimentação excessiva de materiais ou pessoas e eliminar obstáculos do processo	Setor de produção	Analista de melhoria contínua	Até data especificada	Aplicação do diagrama de espaguete
Treinamento do sistema MES (PW1) para operadores de máquina	Garantir registros corretos de paradas, aumentando a integridade dos dados	Setor de produção e sala de treinamento	Gestor da área e responsáveis pelo MES (PW1)	Até data especificada	treinamento no uso adequado do MES (PW1), reforçando os impactos do seu uso incorreto
Ajuste de posição dos sensores de parada da máquina	Evitar ativação incorreta de sensores durante paradas, reduzindo as paradas não informadas	Área de envase do setor de produção	Equipe de manutenção	Até data especificada	Realocação dos sensores para uma posição imune a movimentações além do produto

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Ação 1: A busca pela excelência no programa 5S desempenhará um papel fundamental na manutenção da organização do setor, contribuindo de forma significativa para a redução dos tempos necessários para localizar e organizar materiais. Ao assegurar que cada item esteja no seu devido lugar, minimizamos a necessidade de investir tempo adicional em tarefas de organização do setor.

Ação 2: A utilização do diagrama de espaguete desempenha um papel fundamental na avaliação da clareza dos fluxos de trabalho, identificando movimentos desnecessários e excessivos. Isso contribui de maneira significativa para o aprimoramento da organização das atividades, prevenindo a confusão no fluxo de tarefas, otimizando a eficiência do tempo de trabalho e eliminando obstáculos que possam estar presentes no processo.

Ação 3: O treinamento com os operadores de máquinas, com o objetivo de capacitar o uso correto do sistema PW1, irá garantir que as paradas sejam devidamente registradas,

trazendo maior confiabilidade aos dados. Durante o treinamento serão abordados temas como a compreensão dos impactos de não utilizar o sistema de paradas nos indicadores de desempenho, bem como o treinamento prático na utilização do sistema.

Ação 4: A realocação dos sensores na máquina irá prevenir o acionamento inadequado dos sensores durante as paradas, impedindo registros incorretos. A realocação será feita para uma posição que minimize o impacto de movimentações adjacentes à máquina, assegurando registros precisos das paradas.

5 CONCLUSÃO

Através da aplicação da cronoanálise, foi possível estabelecer os tempos padrão para cada fase do processo. Esses tempos, foram posteriormente convertidos em capacidade produtiva, utilizando a unidade de toneladas por hora. Ao longo do período de estudo, a demanda do mercado requeria uma média de 2,27 toneladas por hora, com base no tempo programado para produção. Nesse contexto, é possível afirmar que o processo está em conformidade com as demandas, uma vez que a capacidade produtiva de todas as etapas supera o que é requisitado.

Além disso, ao analisar a correspondência entre o número real de colaboradores e a quantidade necessária em cada etapa do processo, podemos concluir que as demandas estão sendo cumpridas. Isso se dá pelo fato de que a alocação de pessoal corresponde à quantidade nominal exigida para executar o processo produtivo. Portanto, podemos inferir que o número de trabalhadores envolvidos no processo é adequadamente dimensionado para acompanhar a velocidade da linha de produção.

Ao examinar os índices do OEE, é encontrado um valor médio registrado de 34,65%. Esse valor é subdividido em três componentes médios: 79,33% de qualidade, 78,42% de desempenho e 57,36% de disponibilidade. Isso evidencia que a principal causa que afeta o OEE é a disponibilidade das máquinas para a equipe de produção. Em média, cerca de 42,64% do tempo planejado para a produção é perdido devido à indisponibilidade do maquinário, o que acarreta um impacto significativo sobre o processo de produtivo.

Após a análise dos fatores que contribuem para a indisponibilidade do maquinário, constatou-se que problemas com a base, paradas não informadas, espera pela limpeza CIP e organização do setor são os principais responsáveis pelas paradas ocorridas. É relevante enfatizar que a falta de colaboradores contribui apenas com 1% das paradas. Nesse contexto, é possível concluir que, desconsiderando as paradas não informadas, os fatores relacionados ao processo da base são os principais impulsionadores das interrupções na linha de produção e não a escassez de colaboradores. Importa destacar que eliminar as ocorrências futuras de paradas não informadas se torna essencial para elevar a confiabilidade dos dados obtidos.

Diante das análises realizadas, torna-se evidente que a disponibilidade das máquinas exerce um papel central na eficiência do processo. A máquina parada não apenas impacta o fluxo contínuo da produção, mas também gera um efeito cascata que afeta toda a equipe e compromete a capacidade de atender às metas estabelecidas. A constante interrupção devido à indisponibilidade do maquinário cria um cenário no qual a equipe de produção precisa

realizar esforços extraordinários para compensar o tempo perdido. Isso resulta em uma pressão adicional sobre os colaboradores, que precisam produzir mais em menos tempo. No entanto, como revelado na análise, essa abordagem tem suas limitações devido às capacidades do gargalo do processo, o envase, tornando tal esforço fútil. A quantidade de colaboradores, não é o fator preponderante na determinação da capacidade produtiva. Pelo contrário, o elemento crítico reside na disponibilidade contínua das máquinas. Mesmo com a alocação adequada de pessoal, a eficiência é significativamente comprometida quando as máquinas estão inativas. A análise dos índices do OEE revela claramente que a disponibilidade das máquinas é o maior obstáculo para alcançar uma operação otimizada. A porcentagem considerável de tempo perdido devido a paradas não programadas ressalta a importância de abordar as causas subjacentes dessas interrupções.

Em síntese, as conclusões extraídas desta análise substanciam a noção de que o maior impacto sobre a entrega de produção não se origina do número de colaboradores envolvidos no processo, mas sim da disponibilidade das máquinas para a equipe de produção. Resolver os problemas de indisponibilidade do maquinário emerge como esforço crucial para aprimorar a eficácia do processo produtivo como um todo. Garantir a operação constante e eficiente das máquinas não apenas reduzirá a pressão sobre a equipe de produção, mas também proporcionará um ambiente mais estável para atingir e superar as metas de produção de maneira sustentável.

REFERÊNCIAS

- ABIA. ABIA anuncia resultados do setor em 2020 em coletiva de imprensa. **ABIA**, 2021. Disponível em: <<https://abia.org.br/noticias/abia-anuncia-resultados-do-setor-em-2020-em-coletiva-de-imprensa>>. Acesso em: 04 dezembro 2023.
- ABIA. Indústria de alimentos investe 4% do faturamento anual em inovação. **ABIA**, 2022. Disponível em: <<https://www.abia.org.br/noticias/industria-de-alimentos-investe-4-do-faturamento-anual-em-inovacao>>. Acesso em: 05 dezembro 2023.
- AZEVEDO, K. D. G. C. D. **O uso de planejamento sistemático de layout e simulação para auxiliar a gestão de produção de uma empresa de ferramentas abrasivas**. Universidade Estadual do Norte Fluminense. Campos dos Goytacazes, p. 130. 2016.
- BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida**. 6. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1977.
- GILBRETH, F. B. **Primer of Scientific Management**. New York: D. Van Nostrand Company, 1912.
- KENNEDY, R. K. **Understanding, Measuring, and Improving Overall Equipment Effectiveness**. 1. ed. New York: Taylor e Francis Group, 2017.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. D. A. **Fundamentos da metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- LEÃO, T. Sistema MES: o que é, quais seus benefícios e como implantar na fábrica. **Nomus**, 11 Janeiro 2023. Disponível em: <<https://www.nomus.com.br/blog-industrial/sistema-mes/>>. Acesso em: 14 Maio 2023.
- OCTAVIANO, A. O que é o estudo de movimentos e tempos? **Meta consultoria**, 28 Fevereiro 2018. Disponível em: <<https://www.metaconsultoria.com/2018/02/28/o-que-e-o-estudo-de-movimentos-e-tempos/>>. Acesso em: 3 Junho 2023.
- PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007.
- RÚDIO, F. V. **Introdução ao projeto de pesquisa científica**. 34. ed. Petrópolis: Vozes, 2007.
- SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 8. ed. São Paulo: Atlas Ltda, 2018.
- TAYLOR, F. W. **Princípios da Administração Científica**. 8º. ed. São Paulo: Atlas, 1990.
- VIEIRA, J. Indicador OEE: por que adotar MES otimiza o desempenho. **Certi**, 9 Setembro 2022. Disponível em: <<https://certi.org.br/blog/indicador-oe/>>. Acesso em: 14 Maio 2023.
- YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2003.