

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE – FURG  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

**DESAFIOS NA IMPLEMENTAÇÃO DO *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS*  
EM UMA CÉLULA DE SOLDA MIG/MAG EM UMA INDÚSTRIA METALMECÂNICA**  
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**TAIÉLLE SILVEIRA DA ROCHA**

RIO GRANDE, RS  
2021

TAIÉLLE SILVEIRA DA ROCHA

**DESAFIOS NA IMPLEMENTAÇÃO DO *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS*  
EM UMA CÉLULA DE SOLDA MIG/MAG EM UMA INDÚSTRIA METALMECÂNICA**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio Grande-FURG como requisito para obtenção do título de “Mestre em Engenharia Mecânica” – Área de Concentração: Engenharia de Fabricação.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo de Carvalho  
Gomes

RIO GRANDE, RS

2021

### Ficha Catalográfica

R672d Rocha, Taiélla Silveira da.

Desafios na implementação do *overall equipment effectiveness* em uma célula de solda MIG/MAG em uma indústria metalmeccânica / Taiélla Silveira da Rocha. – 2021.

88 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Rio Grande/RS, 2021.

Orientador: Dr. Leonardo de Carvalho Gomes.

1. *Lean* 2. MPT 3. OEE 4. Processo Produtivo 5. Desafios  
I. Gomes, Leonardo de Carvalho II. Título.

CDU 621

Catálogo na Fonte: Bibliotecário José Paulo dos Santos CRB 10/2344



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA**  
**Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica**  
**PPMec**



Ata nº **05/2021** da Defesa de Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio Grande - FURG. Aos vinte e oito dias do mês de maio de dois mil e vinte e um, foi instalada a Banca de Defesa de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, às quatorze horas e trinta minutos, online via zoom, a que se submeteu a mestranda **TAIÉLLE SILVEIRA DA ROCHA**, nacionalidade brasileira, dissertação ligada a Linha de Pesquisa simulação e controle de processos de fabricação, com o seguinte título: **DESAFIOS NA IMPLEMENTAÇÃO DO OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS EM UMA CÉLULA DE SOLDA MIG/MAG EM UMA INDÚSTRIA METALMECÂNICA**. Referendado pela Câmara Assessora do Curso, os seguintes Professores Doutores: Leonardo De Carvalho Gomes, Luciano Volcanoglo Biehl e Peter Bent Hansen. Analisando o trabalho, os Professores da Banca Examinadora o consideraram:

1. Leonardo de Carvalho Gomes: **APROVADO**
2. Luciano Volcanoglo Biehl: **APROVADO**
3. Peter Bent Hansen: **APROVADO**

Foi concedido um prazo de 30 dias para a candidata efetuar as correções sugeridas pela Comissão Examinadora (anexo) e apresentar o trabalho em sua redação definitiva, sob pena de não expedição do Diploma. A ata foi lavrada e vai assinada pelos membros da Comissão.

Assinaturas:

1. \_\_\_\_\_  
CPF: 885.669.350-04
2. \_\_\_\_\_  
CPF: 575.195.100-00
3. \_\_\_\_\_  
CPF: 228.924.860-68

TAIÉLLE SILVEIRA DA ROCHA: \_\_\_\_\_

## RESUMO

Devido aos desafios gerais do atual cenário do mercado competitivo global, as empresas de manufatura devem melhorar continuamente o desempenho de seus sistemas de produção para reduzir os custos de fabricação. Isso é impulsionado pela demanda dos clientes por reduções anuais nos preços dos produtos e pela crescente concorrência de custos. Nesse sentido, o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) mostra-se como uma ferramenta de controle para superar deficiências de produção e restrições de desempenho operacional. Este trabalho apresenta os principais desafios encontrados na implementação e análise do *Overall Equipment Effectiveness* em uma célula de solda MIG/MAG em uma indústria metalmeccânica. O OEE é um indicador constituído pelos índices de disponibilidade, qualidade e performance que surgiu na metodologia da Manutenção Produtiva Total (MPT) com a finalidade de auxiliar as empresas de manufatura a melhorar continuamente o desempenho de seus sistemas de produção. Neste trabalho foi realizada, inicialmente, uma revisão da literatura de estudos voltados para a área de produção enxuta, a qual serviu de embasamento teórico para construção da presente pesquisa. Posteriormente a isso, foram realizados o planejamento e a implementação do OEE. Os operadores da célula de solda em estudo foram orientados quanto à coleta de dados sistematizada em um diário de bordo e, por meio da coleta de dados, o OEE pôde ser calculado e analisado. Além disso, foi realizada uma pesquisa qualitativa por meio de entrevistas semiestruturadas a fim de analisar a percepção de cada entrevistado sobre o OEE, bem como sobre as dificuldades encontradas na implementação desse indicador no CT de solda circunferencial da linha de produção de reservatórios de ar. Os resultados sugerem que a falha na acuracidade dos dados, a questão cultural, a falha no entendimento dos colaboradores quanto à importância do OEE e a falha na solidificação de outras ferramentas de melhorias de processo na linha de produção foram os principais desafios encontrados na implementação desse indicador. Nesse sentido, esse estudo poderá auxiliar demais empresas e pesquisadores que tem o objetivo de utilizar o OEE como métrica operacional.

**Palavras-chave:** *Lean*. MPT. OEE. Processo Produtivo. Desafios.

## ABSTRACT

Due to the general challenges of today's competitive global market landscape, manufacturing companies must continually improve the performance of their production systems to reduce manufacturing costs. This is driven by customer demand for annual reductions in product prices and increasing cost competition. In this sense, the Overall Equipment Effectiveness (OEE) is shown as a control tool to overcome production deficiencies and operational performance constraints. This work presents the main challenges found in the implementation and analysis of Overall Equipment Effectiveness in a MIG/MAG welding cell in a metalworking industry. The OEE is an indicator consisting of availability, quality and performance indices that emerged in the Total Productive Maintenance (TPM) methodology with the purpose of helping manufacturing companies to continuously improve the performance of their production systems. In this work, initially, a literature review of studies focused on the area of lean production was carried out, which served as a theoretical basis for the construction of this research. Afterwards, the planning and implementation of the OEE were carried out. The operators of the welding cell under study were instructed about systematized data collection in a logbook and, through data collection, the OEE could be calculated and analyzed. In addition, a qualitative research was carried out through semi-structured interviews in order to analyze the perception of each respondent about the OEE, as well as the difficulties encountered in implementing this indicator in the circumferential welding CT of the air reservoir production line. The results suggest that the failure in the accuracy of the data, the cultural issue, the failure of employees to understand the importance of OEE and the failure to solidify other process improvement tools in the production line were the main challenges encountered in the implementation of this indicator. In this sense, this study can help other companies and researchers that aim to use the OEE as an operational metric.

**Keywords:** Lean. TPM. OEE. Productive Process. Challenges.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Acidente devido à falha no freio de um caminhão .....	13
Figura 2 - Pilares do TPM .....	22
Figura 3 - Diagrama de blocos da metodologia .....	33
Figura 4 - Hierarquia do setor .....	35
Figura 5 - Modelo de reservatório de ar.....	36
Figura 6 - Soldagem circunferencial .....	37
Figura 7 - Largura e altura da solda circunferencial.....	38
Figura 8 - Medição da largura com paquímetro .....	38
Figura 9 - Medição de altura do cordão de solda.....	38
Figura 10 - Porosidade na solda .....	39
Figura 11 - Mordedura de solda.....	39
Figura 12 - "Escorrimento" de solda .....	39
Figura 13 - Transpasse de solda .....	39
Figura 14 - Projeto da junta .....	40
Figura 15 - Apresentação da solda.....	40
Figura 16 - Técnicas de soldagem.....	40
Figura 17 - Ângulo de avanço.....	40
Figura 18 - Ângulo de trabalho .....	41
Figura 19 - Afastamento .....	41
Figura 20 - Zona Termicamente Afetada (ZTA) .....	43
Figura 21 - Diário de bordo .....	45
Figura 22 - Recorte do banco de dados.....	50
Figura 23 - Disponibilidade Operacional (IDO) .....	51
Figura 24 - Diagrama de Pareto – Disponibilidade .....	51
Figura 25 - Índice de Performance Operacional (IPO).....	54
Figura 26 - Produção total de reservatórios de ar.....	54
Figura 27 - Índice de Qualidade.....	55
Figura 28 - Peças com defeito .....	55
Figura 29 - Média OEE por mês .....	56
Figura 30 - Índices de OEE.....	56

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Jornada de Trabalho.....	35
Tabela 2 - Variáveis utilizadas para cálculo do Índice de Disponibilidade Operacional (IDO) .....	46

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CT – Centro de Trabalho

EDI – *Electronic Data Interchange*

EGE – Eficácia Global do Equipamento

GD – Gerenciamento Diário

IDO – Índice de Disponibilidade Operacional

IPO – Índice de Performance Operacional

IQ – Índice de Qualidade

IT – Instrução de Trabalho

LIB – *Lean Institute Brasil*

MIG/MAG – *Metal Inert Gas/Metal Active Gas*

MPT – Manutenção Produtiva Total

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

OP – Ordem de Produção

QAP – Quadro de Acompanhamento da Produção

RQPS – Registro de Qualificação de Processo de Soldagem

SAP – *Systems Applications and Products in Data Processing*

S/L – Segurança e Legislação

STP – Sistema Toyota de Produção

TPM – *Total Productive Maintenance*

ZTA – Zona Termicamente Afetada

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	12
1.1	JUSTIFICATIVA .....	13
1.2	OBJETIVO GERAL.....	14
1.2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
1.3	MÉTODO DE TRABALHO.....	14
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	15
1.5	LIMITAÇÕES DO TRABALHO .....	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1	SISTEMAS DE PRODUÇÃO .....	17
2.2	<i>LEAN MANUFACTURING</i> .....	19
2.3	MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (MPT).....	20
2.4	<i>OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS</i> (OEE) ENQUANTO FERRAMENTA DE DESEMPENHO .....	23
2.5	APLICAÇÃO DO OEE NA INDÚSTRIA.....	28
3	MÉTODO DE PESQUISA .....	32
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA .....	32
3.2	ETAPAS DA PESQUISA .....	32
3.2.1	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA.....	33
3.2.2	DEFINIÇÃO DA LINHA DE PRODUÇÃO.....	34
3.2.3	DEFINIÇÃO DO CENTRO DE TRABALHO (CT) PARA IMPLEMENTAÇÃO DO OEE .....	34
3.2.4	CARACTERIZAÇÃO DA LINHA DE PRODUÇÃO EM ESTUDO	35
3.2.5	CARACTERIZAÇÃO DO PRODUTO DE ESTUDO .....	36
3.2.6	ESTUDO DOS PROCESSOS DA LINHA DE PRODUÇÃO .....	36
3.3	IMPLEMENTAÇÃO DO <i>OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS</i> (OEE) NO CT EM ESTUDO.....	44
3.3.1	ELABORAÇÃO DO DIÁRIO DE BORDO .....	44
3.3.2	TREINAMENTO E ORIENTAÇÃO AOS COLABORADORES ....	45
3.3.3	CONSIDERAÇÕES PARA O CÁLCULO DO OEE.....	45
3.3.4	ELABORAÇÃO DE UM BANCO DE DADOS.....	47
3.4	PESQUISA QUALITATIVA.....	47
3.4.1	LEVANTAMENTO DE DADOS POR MEIO DE ENTREVISTAS.	47

3.4.2	DEFINIÇÃO DOS ENTREVISTADOS.....	48
3.4.3	QUESTIONÁRIO BASE PARA AS ENTREVISTAS DA PESQUISA	
	48	
4	RESULTADOS.....	50
4.1	IMPLEMENTAÇÃO DO OEE.....	50
4.2	RESPOSTAS DO LEVANTAMENTO DE DADOS .....	57
5	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	62
6	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	67
7	REFERÊNCIAS.....	69
7.1	REFERÊNCIAS NOMINAIS .....	69
7.2	REFERÊNCIAS POR ESTRATO.....	74
7.3	REFERÊNCIAS POR QUALIS .....	74
7.4	REFERÊNCIAS POR DATA DOS ARTIGOS.....	75
	APÊNDICE A – PARADAS DE MÁQUINA E ÍNDICE DE DISPONIBILIDADE	
	OPERACIONAL (IDO).....	76
	APÊNDICE B – ÍNDICE DE PERFORMANCE OPERACIONAL (IPO).....	83
	APÊNDICE C – ÍNDICE DE QUALIDADE (IQ).....	86

## 1 INTRODUÇÃO

Em consequência da globalização, a indústria de transformação está constantemente sob forte pressão para aumentar sua competitividade. Para poder manter e desenvolver sua capacidade de competir em um mercado global, as empresas de manufatura precisam ter sucesso no desenvolvimento de produtos inovadores e de alta qualidade com prazos de entrega curtos, além de projetar sistemas de produção robustos e flexíveis, fornecendo as melhores condições prévias para a excelência operacional (BELLGRAN; SÄFSTEN, 2010).

Dentro do sistema produtivo, uma das grandes perdas oriundas do processo de fabricação seriado é o baixo rendimento operacional das máquinas (RIBEIRO, 2014). Esse baixo rendimento pode interferir na quantidade de peças produzidas, na qualidade das peças e em paradas de máquina não programadas acarretando custos desnecessários. Nesse cenário, melhorar a eficiência do equipamento é uma medida eficaz para melhorar a eficiência da empresa, reduzir custos de fabricação, melhorar a qualidade do produto, de modo a promover o desenvolvimento rápido e sustentável das empresas, além de liberar a capacidade oculta dos equipamentos (ZHU, 2011).

O Sistema Toyota de Produção (STP) caracteriza-se por ser um sistema adaptável às flutuações de demanda, que produz com alta qualidade por meio da constante identificação e eliminação de desperdícios (GOMES, 2001). No STP, uma das estratégias para melhorar o desempenho da manufatura é o indicador de eficiência *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), o qual trata-se da medição da eficiência global, considerando os fatores de disponibilidade, ritmo e qualidade. A partir da implementação e gestão do OEE, pode-se analisar as causas de baixa eficiência de máquina e direcionar ações para reverter tais circunstâncias. Porém, existem muitos desafios associados à implementação do OEE (ANDERSSON; BELLGRAN, 2015). Esses desafios são tratados aqui como obstáculos a serem superados.

Diante desse contexto surge o seguinte questionamento: “Quais desafios encontrados na implementação do *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) em uma célula de solda MIG/MAG de uma indústria metalmeccânica?”. Nesse sentido, o presente estudo mostra quais as dificuldades encontradas na implementação e análise desse indicador.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Avaliar a condição e a qualidade atuais de máquinas envolvidas em processos de fabricação de produtos é um desafio, devido à complexidade inerente aos produtos e à experiência necessária em vários domínios de engenharia (WOHLERS *et. al.*, 2019).

A Eficácia Global do Equipamento (EGE) mostra-se como uma alternativa para gerenciar a efetividade global de equipamentos pois elimina as perdas subjacentes que impedem a eficiência do equipamento (AMINUDDIN *et. al.*, 2015). Contudo, existem muitas dificuldades associadas à implementação do OEE para monitorar e gerenciar o desempenho da produção. Muitos dos desafios envolvem gerenciamento de mudanças, como qual abordagem usar, como estruturar o procedimento de trabalho, como conscientizar e treinar funcionários e envolver não apenas a gerência, mas também líderes de equipe e operadores (ANDERSSON; BELLGRAN, 2015).

No momento atual, em que a concorrência impulsiona as empresas a buscarem novas formas de otimizar seus sistemas de produção a partir da identificação de perdas por meio da implementação de indicadores como o OEE, faz-se necessário um estudo sobre as dificuldades encontradas na implementação desse indicador.

Soma-se a isso o fato de que o estudo foi realizado em uma linha de produção de reservatórios de ar, que são itens fundamentais para o sistema de freios de veículos pesados para o setor rodoviário. Um defeito na solda desse reservatório, como porosidade, pode causar graves acidentes como mostra a Figura 1. Dessa forma, o estudo será realizado em um Centro de Trabalho (CT) de solda MIG/MAG circunferencial.

Figura 1 - Acidente devido à falha no freio de um caminhão



(Fonte: Imagens Google)

O trabalho se justifica uma vez que tem a finalidade de mostrar, a partir da

implementação e análise do *Overall Equipment Effectiveness*, quais foram os desafios encontrados na implementação desse indicador de modo a agregar e contribuir com a literatura existente.

## 1.2 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo geral apresentar os desafios encontrados durante a implementação do OEE numa célula de solda MIG/MAG numa indústria metalmeccânica.

### 1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos, que serão alcançados à medida que o estudo se desenvolver e que contribuirão para as conclusões finais, tem-se:

- a) Compreensão dos colaboradores em relação ao indicador OEE e a sua importância, bem como em relação à coleta de dados por meio do diário de bordo;
- b) Implementação do diário de bordo no CT de solda circunferencial em estudo para cálculo do OEE;
- c) Obter dados qualitativos a partir de entrevistas semiestruturadas;
- d) Identificar e apresentar os desafios encontrados na implementação do OEE.

## 1.3 MÉTODO DE TRABALHO

A presente pesquisa consiste inicialmente em uma revisão da literatura sobre estudos acerca de Sistemas de Produção, *Lean Manufacturing*, Manutenção Produtiva Total (MPT), *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) e Aplicação do OEE na indústria. Posteriormente à revisão teórica, a pesquisa se deteve em aplicar o OEE no CT de estudo, em obter dados qualitativos por meio de um roteiro de entrevistas e em analisar os resultados. Por fim, a pesquisa apresenta os desafios encontrados na implementação do OEE na célula de solda MIG/MAG da empresa metalmeccânica do presente estudo. A metodologia científica da pesquisa encontra-se no terceiro capítulo.

## 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho é composto por seis capítulos. No primeiro capítulo são apresentados o tema e o contexto da pesquisa, a justificativa e os limites de trabalho, discutindo-se a importância do indicador OEE na gestão e melhoria contínua dos equipamentos.

No capítulo dois, é abordada uma revisão de literatura que foi organizada em cinco seções principais: Sistemas de Produção, *Lean Manufacturing*, Manutenção Produtiva Total (MPT), *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) e Aplicação do OEE na indústria.

No terceiro capítulo é apresentada a caracterização da pesquisa, bem como as etapas da pesquisa, que foram classificadas em: caracterização da empresa, definição da linha de produção, definição do Centro de Trabalho (CT) para implementação do OEE, caracterização da linha de produção em estudo, caracterização do produto de estudo e estudo dos processos da linha de produção. No capítulo três ainda são apresentadas a introdução à implementação do OEE no CT em estudo, a elaboração do diário de bordo, o treinamento e orientação aos colaboradores, as considerações para o cálculo do OEE, a elaboração de um banco de dados, a pesquisa qualitativa, o levantamento de dados por meio de entrevistas, a definição dos entrevistados e o roteiro base para as entrevistas da pesquisa.

No capítulo quatro são apresentados os resultados da implementação do OEE e as respostas do levantamento de dados por meio das entrevistas semiestruturadas. No quinto capítulo são apresentadas a análise e a discussão dos resultados e no último capítulo são apresentadas as considerações finais da pesquisa, bem como sugestões para trabalhos futuros.

## 1.5 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

A presente pesquisa aborda a implementação e análise do OEE em uma célula de solda MIG/MAG em uma indústria metalmeccânica de forma a apresentar os desafios encontrados na implementação desse indicador. O estudo não enfatiza aspectos relacionados à qualificação dos colaboradores, mas busca exprimir o entendimento deles quanto à Eficácia Global dos Equipamentos (EGE). Além disso, a pesquisa busca comparar os resultados encontrados com a literatura existente. O

trabalho foi realizado numa máquina de solda MIG/MAG o que tende a limitar a sua aplicação para máquinas similares. A pesquisa busca expor os resultados do OEE, porém não tem como objetivo examinar minuciosamente os índices de disponibilidade, qualidade e performance. Ademais, durante o desenvolvimento desta pesquisa foram envolvidos os níveis de operação, liderança e supervisão de produção. A alta administração (gerência e direção) não teve participação no estudo.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta etapa da pesquisa foi realizada uma revisão da literatura sobre Sistemas de Produção, *Lean Manufacturing*, Manutenção Produtiva Total (MPT), *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) e Aplicação do OEE na indústria. Essa revisão, que foi elaborada a partir de artigos, livros e outras fontes, foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho.

### 2.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Até o início do século XX não existiam fábricas de automóveis tampouco revendedoras de veículos. Para comprar um automóvel, era necessário encomendá-lo em fábricas de máquinas-ferramentas. Nessas fábricas, artesãos habilidosos montavam cuidadosamente a mão um pequeno número de carros. No sistema de produção artesanal, não haviam carros idênticos mesmo que fossem construídos com os mesmos projetos, pois diferentes fornecedores produziam peças com diferentes sistemas de medição e as máquinas-ferramentas dos anos 1890 eram incapazes de cortar o aço com alta dureza, as peças passavam então por um forno para endurecer suas superfícies de modo a resistirem ao uso continuado. Dessa forma, quando as peças chegavam finalmente ao salão de montagem final, suas especificações eram, na melhor das hipóteses, aproximadas. Cada carro era, na verdade, um protótipo, a consistência e confiabilidade eram ilusórias. Os proprietários dos automóveis ou seus motoristas tinham de providenciar seus próprios testes nas estradas, ou seja, o sistema era incapaz de garantir a qualidade do produto na forma de confiabilidade e durabilidade. Nesse sistema de produção, trabalhadores extremamente qualificados utilizam ferramentas simples para produzir um item de cada vez, conforme pedido do cliente. Porém, esse modo de produção custa caro sendo essa uma das principais causas para a produção em massa ser desenvolvida como alternativa no século XX (WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

Após a Primeira Guerra Mundial o sistema de produção artesanal evoluiu para o sistema de produção em massa. Na medida em que o desenho global de carros e caminhões convergia para veículos familiares, a indústria ficou a mercê do surgimento de um novo sistema de produção. Nesse contexto, Henry Ford percebeu como

superar as deficiências do sistema de produção artesanal reduzindo drasticamente os custos de produção e aumentando a qualidade do produto. Ford denominou seu sistema de “produção em massa”. Esse sistema de produção é caracterizado por trabalhadores extremamente especializados para projetar produtos manufaturados por trabalhadores semi ou não-qualificados, por produzir peças em alto volume, a custos baixos e sem variedade de produção (WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

Em 1908, em seu vigésimo projeto de carros num período de cinco anos, Ford lançou o Modelo T. Esse carro, projetado para a manufatura, possibilitava que qualquer pessoa pudesse dirigir-lo e consertá-lo, sem necessidade de motorista ou de mecânico. Assim, Ford estabeleceu uma mudança no rumo da indústria automobilística. A chave para a produção em massa não residia na linha de montagem em fluxo contínuo. Pelo contrário, consistia na completa intercambiabilidade das peças e na facilidade de ajustá-las entre si. Nesse sistema de produção, a intercambiabilidade de peças permitia que os trabalhadores posicionassem peças que automaticamente se ajustassem. Além disso, uma tarefa era realizada por apenas um operador e o carro era movimentado até o operador estacionário reduzindo tempos de movimentação. Essas alterações no processo, assim como a linha de montagem de Ford, melhoraram a produtividade de tal forma que despertaram a imaginação dos demais montadores de automóveis. Durante décadas, esse sistema foi vitorioso. As companhias automobilísticas norte-americanas dominaram a indústria automobilística mundial, e o mercado norte-americano representou a maior percentagem das vendas de automóveis do mundo. Porém, em 1955 o sistema de produção em massa começou a ser comum nos países de todo o mundo e os japoneses estavam desenvolvendo uma maneira inteiramente nova de se produzir. Eiji Toyoda, posteriormente a uma visita à Ford em 1950, escreveu para sua empresa que “pensava ser possível melhorar o sistema de produção”. Porém, ele e Taiichi Ohno chegaram à conclusão de que a produção em massa jamais funcionaria no Japão pois a economia dos japoneses encontrava-se devastada pela guerra, carente de capital. Portanto, um grande investimento nas últimas tecnologias ocidentais era impossível. Desse início experimental nasceu o que a Toyota veio a chamar de Sistema Toyota de Produção (STP) e, finalmente, de produção enxuta (WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

O Sistema Toyota de Produção tem sido introduzido nos locais de trabalho independentemente do tipo de indústria, escala e mesmo fronteiras nacionais. O STP

evoluiu da necessidade, pois certas restrições no mercado exigiram a produção de pequenas quantidades de muitas variedades de produtos sob condições de baixa demanda, um destino que a indústria japonesa enfrentou no período do pós-guerra. Estas restrições serviram como um critério para testar se os fabricantes de carros japoneses poderiam se estabelecer e sobreviver competindo com os sistemas de produção e de vendas em massa já estabelecidos na Europa e nos Estados Unidos (OHNO, 1997).

O objetivo mais importante do Sistema Toyota foi aumentar a eficiência da produção pela eliminação consistente e completa de desperdícios. Este conceito e o igualmente importante respeito com a humanidade são os fundamentos do Sistema Toyota de Produção (OHNO, 1997).

Os pilares do Sistema Toyota de Produção são: Jidoka e Just in time. Em 1902, ao incorporar um dispositivo de parada automática em seus teares, que interrompia o funcionamento de uma máquina caso um fio se partisse, Sakichi Toyoda, fundador do grupo Toyota, criou o termo Jidoka, que significa automação com toque humano.

Em 1937, Kiichiro Toyoda, filho de Sakichi, fundou a Toyota Motor Corporation e desenvolveu sua própria filosofia com base no conceito de “*Just-in-Time (JIT)*” que se tornou o segundo pilar do STP. Nesse contexto, a Toyota e seus executivos desenvolveram um modelo de administração específico, composto de diversos princípios e práticas que se tornaram *benchmark* mundial para qualquer sistema de produção (SUAREZ, 2018).

## 2.2 LEAN MANUFACTURING

O sucesso da Toyota inspirou milhares de organizações a adotar alguma forma de programa *lean*. O termo foi introduzido no livro intitulado “A máquina que mudou o mundo” e, mais tarde, no pensamento enxuto, como um novo paradigma que foi tão significativo quanto à mudança do estilo artesanal para a produção em massa. O foco do *lean* está no cliente e no fluxo de valor. Certamente, uma organização realmente dedicada a tornar-se enxuta está no caminho da excelência (LIKER; ROTHER, 2012).

O pensamento *lean* é um dos métodos que pode trazer produtividade e melhoria da demanda do cliente para indústrias de manufatura e serviços. A manufatura enxuta elimina atividades que não agregam valor, que não têm nenhuma contribuição para o fluxo de produção e minimiza as atividades necessárias que não agregam valor

(GOSHIME; KITAW; JILCHA, 2018). Esse sistema de produção enxuto é caracterizado por cinco princípios que facilitam a redução de desperdícios, são eles: valor, fluxo de valor, produção puxada, fluxo contínuo e melhoria contínua (DIESTE *et. al.*, 2019).

As empresas que implementam a produção enxuta buscam melhorar a eficiência da manufatura, se tornando mais eficazes na medida em que aumentam a qualidade e o valor do produto em relação à perspectiva do cliente. Essas empresas se tornam mais eficientes minimizando a variabilidade interna e externa e reduzindo todas as formas de desperdício em seus fluxos de informações e produção. As práticas de manufatura enxuta permitem a produção de uma variedade maior de produtos a um custo menor e maior qualidade, enquanto utilizam menos recursos em comparação às práticas tradicionais de produção em massa (MARODIN *et. al.*, 2018). Essas práticas enxutas estão associadas positivamente ao desempenho operacional e organizacional (CHAVEZ *et. al.*, 2014).

O envolvimento dos funcionários e a mudança de cultura são alguns dos fatores de sucesso mais importantes para as organizações que implementaram com êxito a produção enxuta (ALHURAISH; ROBLEDO; KOBI, 2017). Nesse contexto, para implementar o gerenciamento enxuto com sucesso, é fundamental ir além dos aspectos técnicos adotando práticas e estimulando o desenvolvimento de um perfil de cultura organizacional apropriado. Além disso, empresas que implementam o *lean* com sucesso tem como práticas o treinamento de funcionários, solução de problemas em pequenos grupos, envolvimento do cliente, parceria com fornecedores e melhoria contínua (BORTOLOTTI; BOSCARI; DANESE, 2014). Nesse sentido, além de ser necessário implementar a maioria das ferramentas e técnicas, a cultura de uma organização também precisa ser transformada (BHASIN; BURCHER, 2006).

Assim como o sistema de produção em massa foi entendido e aprimorado pelos japoneses até o desenvolvimento de um sistema de produção enxuto conhecido atualmente como Sistema Toyota de Produção ou como *Lean Manufacturing*, a manutenção preventiva dos EUA também foi aprimorada pelos japoneses pelo que é chamado de Manutenção Produtiva Total (MPT).

### 2.3 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (MPT)

TPM – *Total Productive Maintenance* (Manutenção Produtiva Total - MPT)

significa a falha zero e quebra zero das máquinas concomitantemente com defeito zero nos produtos e perda zero no processo, sendo o resultado das empresas japonesas em aprimorar a manutenção preventiva que nasceu nos Estados Unidos na década de 50. O TPM ganhou grande importância nas empresas como uma técnica para buscar a melhor eficiência no relacionamento homem-máquina (RIBEIRO, 2014).

Nakajima (1989) destaca que o estilo de manutenção americano pregava a divisão taylorista das tarefas entre as equipes de manutenção e operação, enfatizando a postura da operação na qual descreve “Eu opero, você conserta”. No entendimento japonês, todos os funcionários podem participar e a TPM deve ser implementada por todos. A inovação trazida pela TPM está no fato de atribuir aos operadores atividades básicas de manutenção nos seus equipamentos. A partir deste momento, as áreas de manutenção passam a ser alimentadas de informações por parte dos operadores no que se refere a anomalias ou sintomas estranhos apresentados por seus equipamentos, permitindo que intervenções sejam executadas para prevenir a quebra ou a falha do equipamento (SHIROSE, 1992).

A origem da TPM pode ser datada em meados de 1950, quando a Manutenção Preventiva, concebida originariamente nos EUA, foi introduzida no Japão na empresa Nippon Denso KK, integrante do Grupo Toyota. Até então, a indústria japonesa trabalhava apenas com o conceito de manutenção corretiva, após a falha da máquina ou equipamento. Isso representava custos e obstáculos para a melhoria de qualidade da produção da empresa (KARDEC; NASCIF, 2013).

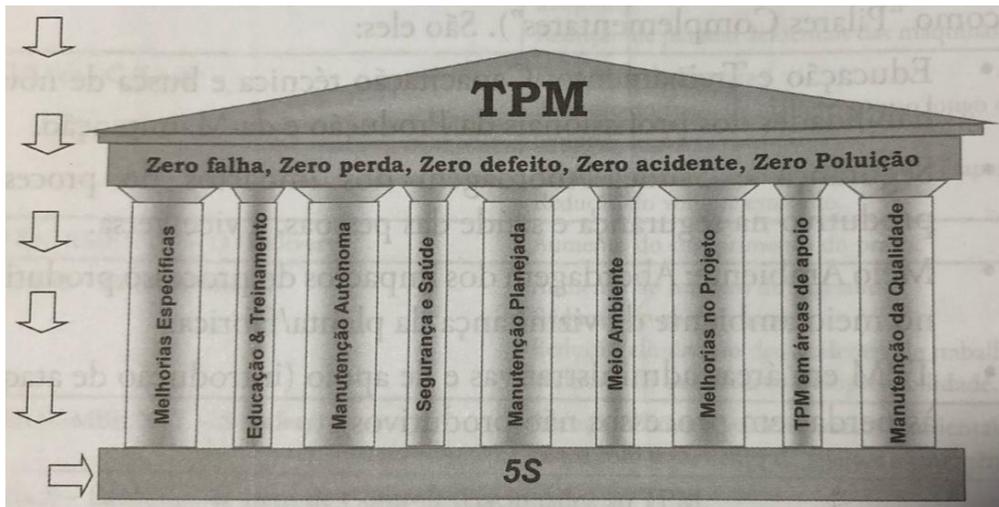
Os empresários japoneses remanescentes da crise pós-guerra, apoiados por professores norte-americanos, como Edward Deming e Joseph Juran, iniciaram uma forte mobilização nacional para a conscientização do povo para a importância da qualidade como um fator de sobrevivência em meio a um novo cenário econômico que emergia no pós-guerra. A busca de aprimoramento das atividades empresariais e a melhoria dos processos de industrialização estabeleceram o ponto de partida para a popularização de conceitos e técnicas relacionados à manutenção e programas de qualidade e produtividade. Após este período, a metodologia do TPM tem sido aplicada em todo o mundo e em diversos segmentos da indústria (CARRIJO; LIMA, 2008).

Basicamente, pode-se definir a TPM como sendo um sistema de Manutenção que envolve a participação de todos os setores e escalões da empresa, principalmente Produção e Manutenção, objetivando a melhoria na eficiência dos equipamentos e a

responsabilização de todos sobre a Manutenção dos bens produtivos (NAKAJIMA, 1989 apud MELO; LOOS, 2018).

A base para o sucesso do TPM é o 5S, visto que melhorias físicas e comportamentais resultantes da prática de cada “S” ajudam, e muitas delas estão intrínsecas, nas atividades de cada pilar (RIBEIRO, 2014). A figura 2 mostra a casa do TPM.

Figura 2 - Pilares do TPM



(Fonte: Livro “A Bíblia do TPM”, 2014)

Os pilares relacionados à busca da máxima eficiência do processo produtivo, segundo RIBEIRO (2014) são:

- Melhorias específicas: incorporação de melhorias específicas e individualizadas nas máquinas e nos processos.
- Manutenção autônoma: estruturação para condução da manutenção voluntária ou autônoma pelos operadores.
- Manutenção planejada: estruturação da função manutenção.
- Melhorias no projeto: estruturação para a gestão do ciclo de vida do equipamento desde o projeto até a desativação.
- Manutenção da qualidade: abordagem do gerenciamento dos equipamentos para garantir a qualidade intrínseca do produto e reduzir custos com retrabalho/reprocessamento.

Os demais pilares, que tem como objetivo apoiar os anteriores a maximizar a eficiência do processo produtivo e dos processos de apoio, em consonância com os aspectos de segurança, saúde e meio ambiente são:

- Educação e treinamento: capacitação técnica e busca de novas

habilidades dos profissionais da produção e da manutenção.

- Segurança e saúde: abordagem dos impactos do processo produtivo na segurança e saúde das pessoas, e vice-versa.
- Meio ambiente: abordagem dos impactos do processo produtivo no meio ambiente da vizinhança da planta/fábrica.
- TPM em áreas administrativas e de apoio (introdução de ataque às perdas em processos não produtivos).

A Manutenção Produtiva Total (MPT) é uma metodologia que visa aumentar a disponibilidade dos equipamentos existentes, reduzindo assim a necessidade de mais investimentos de capital. A medição é um requisito importante dos processos de melhoria contínua. É necessário estabelecer métricas apropriadas para fins de medição (CHAN *et. al.*, 2005).

Nesse contexto, as empresas têm diferentes maneiras de medir seu desempenho de fabricação, a fim de alcançar e manter uma vantagem competitiva no mercado. A Eficácia Global do Equipamento (EGE) é a medida principal da Manutenção Produtiva Total (MPT). O conceito de OEE, introduzido por Nakajima (1988), está sendo cada vez mais utilizado na indústria. Ele analisa os aspectos mais amplos da fabricação, não apenas a disponibilidade e o desempenho do equipamento, mas também as perdas de eficiência resultantes de retrabalho e perdas de rendimento (ANVARI; EDWARDS; STARRS, 2010).

## 2.4 OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) ENQUANTO FERRAMENTA DE DESEMPENHO

A avaliação do desempenho dos ativos de produção é a base de todas as ações de melhoria que apoiam a tomada de decisão sobre as melhores ações corretivas ou preventivas a serem executadas ao longo do ciclo de vida do ativo, desde o início até seu fim de vida (RODA; MACCHI, 2019).

Nesse sentido, a Eficácia Global do Equipamento (EGE) apresenta informações importantes relacionadas ao suporte à decisão de manutenção para instalações de produção que enfrentam paradas significativas relacionadas à operação (WAKIRU *et. al.*, 2020).

Muitas empresas atingem rotineiramente as restrições de capacidade e imediatamente consideram adicionar horas extras aos trabalhadores existentes,

contratar trabalhadores para novos turnos ou comprar novas linhas de produção para aumentar sua capacidade de produção. Dessa forma, a ferramenta OEE pode ajudar essas empresas a otimizar o desempenho da capacidade existente. O OEE é uma ferramenta valiosa que pode ajudar a administração a liberar capacidade oculta e, portanto, reduzir gastos com horas extras e permitir o adiamento de grandes investimentos de capital. Além de ajudar a reduzir a variabilidade do processo, reduzindo os tempos de troca e melhorando o desempenho do operador. Esses são benefícios mensuráveis que melhoram substancialmente os resultados da operação de produção e melhoram a vantagem competitiva das empresas (MUCHIRI; PINTELON, 2008).

O indicador *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) surgiu na metodologia da Manutenção Produtiva Total (MPT), sendo uma ferramenta utilizada para medir as principais perdas dos equipamentos, utilizando índices de disponibilidade, desempenho e qualidade permitindo assim analisar as reais condições de utilização dos seus equipamentos. Um OEE de 85% pode ser considerado um excelente resultado, desde que se tenha levado em conta os três índices que o constituem e também desde que os dados para o cálculo sejam confiáveis, dada a grande dificuldade que as empresas tem em registrar corretamente suas ocorrências diárias (NAKAJIMA, 1989 apud VALDOMIRO; PAULISTA, 2017).

Para RIBEIRO (2014) o que difere o OEE de outros indicadores que medem a eficiência de um equipamento é que o OEE envolve todos os níveis hierárquicos e todos os departamentos ligados direta ou indiretamente ao processo produtivo. Além disso, o levantamento das perdas e o conseqüente cálculo do OEE geram ações de correção imediata e estimulam os diversos níveis e departamentos a atuar sobre estas perdas e a buscar melhores resultados. No seu livro, “A Bíblia do TPM”, RIBEIRO (2014) descreve as perdas que influenciam a Eficiência dos Equipamentos, que são:

1. Manutenção Programada.
2. Defeito/falha do equipamento.
3. Ajustes do equipamento.
4. Troca de ferramental/gabarito/molde/estampo.
5. Pequenas paradas e ociosidade.
6. Redução do desempenho.
7. Correção de defeitos.
8. Defeito no início de funcionamento.
9. Falhas administrativas (espera por instruções e por materiais).
10. Falhas operacionais.
11. Desorganização da linha de produção.
12. Falhas da logística.
13. Medições e ajustes excessivos.
14. Desperdício de energia.
15. Perdas de materiais (defeitos durante a operação, defeitos e refugos no início de operação, cortes de materiais adicionais, peso, excessos).
16. Matrizes, ferramentas, gabaritos, moldes, estampos. (RIBEIRO, 2014, p. 48 – 49).

A gestão do OEE trata-se de “gestão de perdas”. Analisando apenas as perdas operacionais, que são aquelas ligadas diretamente à operação dos equipamentos, elas variam entre produção seriada e produção contínua, e são levantadas para o cálculo da Eficácia Global do Equipamento (EGE). Em termos práticos, considera-se processo contínuo aquele em que a parada de determinados equipamentos obriga a parada de outros, por uma limitação de funcionalidade, e não apenas por controle de estoque. Exemplos de processos contínuos são petroquímicas, refinarias de petróleo, fábricas de celulose e de cimento, usinas siderúrgicas e de geração de energia etc. As indústrias ligadas ao ramo automobilístico, autopeças, estamparias etc. são os exemplos mais comuns de processos seriados RIBEIRO (2014).

Os processos da linha de produção do presente estudo são seriados e as causas que prejudicam o bom rendimento operacional das máquinas desse tipo de processo podem ser agrupadas em “seis grandes perdas”. Segundo (RIBEIRO, 2014) essas perdas são classificadas em:

a) Perda por parada

- I. Perda por parada acidental
- II. Perda durante a mudança de linha

b) Perdas por Performance

- III. Pequenas paradas/operação em vazio
- IV. Queda de velocidade de produção

c) Perdas por Defeito no produto

- V. Defeito no processo
- VI. Defeito no início do processo
  - Perda por parada acidental

Esta perda representa a maior parcela na queda de rendimento dos equipamentos, devido a dois fatores: o primeiro é relativo à quebra repentina do equipamento. O segundo é a quebra precedida do desgaste gradativo dos componentes, tornando-se inadequados para uso.

- Perda durante a mudança de linha

Este tipo de perda geralmente acontece quando é feita a mudança de linha, com a suspensão do ciclo para preparação do produto subsequente. O tempo necessário para realização de ajustes e regulagem é mais significativo que o tempo necessário para a mudança de linha em si.

- Perda por pequenas paradas ou operação em vazio

Uma pequena parada não é considerada uma quebra, pois se trata de uma interrupção momentânea. Uma operação em vazio ou a ativação de um mecanismo automático de parada em função de alguma irregularidade do produto processado são exemplos deste tipo de parada, onde basta um *reset* do equipamento para a continuidade da operação.

- Perda por queda da velocidade de produção

São as perdas provocadas pelas inconveniências relativas à qualidade, problemas mecânicos, matéria-prima fora de especificação, habilidade do operador, que obrigam a realização do trabalho a uma velocidade menor. A definição da produção teórica leva em consideração o volume que poderia ser produzido por unidade de tempo. Este tempo deve ser em condições normais de trabalho.

- Perda por defeito de processo

Todas as atividades relativas ao retrabalho ou mesmo à eliminação dos produtos defeituosos. Além das perdas de matérias-primas, devem ser computadas outras perdas decorrentes (mão de obra, energia etc.)

- Perda por defeito no início do processo

Há diversos fatores que atrasam a estabilização do processo, como instabilidade da própria operação, ferramentas inadequadas ou utilizadas indevidamente, falta de manutenção, problema de nível ou de habilidade do operador, falta de matérias-primas etc. Portanto, atacando-se as “seis grandes perdas”, maximiza-se o OEE.

O rendimento da produção é um dos recursos mais importantes para sistemas de fabricação. Três fatores principais podem modificar a taxa de eficiência do sistema. Eles são a disponibilidade, referente ao tempo de inatividade de máquina, desempenho, referente às operações lentas e qualidade do produto, referente a defeitos (TANG, 2019).

Para o cálculo do OEE, foram considerados os Índices de Disponibilidade Operacional (IDO), Performance Operacional (IPO) e Qualidade (IQ). Conforme RIBEIRO (2014), o roteiro para o levantamento da eficiência leva em conta as seis grandes perdas por meio dos três índices: Índice de Disponibilidade Operacional (IDO), Índice de Performance Operacional (IPO) e Índice da Qualidade (IQ).

#### I. Índice de Disponibilidade Operacional (IDO)

É a relação entre o tempo de funcionamento efetivo (tempo operacional) dos

equipamentos e o tempo potencialmente disponível (tempo de carga). Este índice é a relação entre o tempo em que o equipamento está liberado para produzir e o tempo calendário bruto, ou seja, são incluídas como horas disponíveis os períodos que não há programação da produção. O tempo operacional é o tempo de carga (mês, dia, hora), subtraído dos tempos de paradas. Ou seja,

$$IDO = \frac{\text{Tempo de carga} - \text{Tempo com paradas}}{\text{Tempo de carga}} \times 100$$

## II. Índice de Performance Operacional (IPO)

O índice de Performance Operacional demonstra a relação entre o tempo ideal para processar um produto ou peça e o tempo efetivamente utilizado no período em questão. Ou seja,

$$IPO = \frac{\text{Tempo de ciclo teórico} \times \text{Quantidade de peças produzidas}}{\text{Tempo operacional}} \times 100$$

## III. Índice da Qualidade (IQ)

Este índice é relativo ao volume processado de acordo com as especificações em relação ao volume total processado. Ou seja,

$$IQ = \frac{\text{Quantidade produzida} - (\text{Quantidade defeituosa} + \text{reprocessada})}{\text{Quantidade produzida}} \times 100$$

O OEE é resultado do produto desses três índices. Ou seja,

$$OEE = IPO \times IDO \times IQ$$

Exemplo de cálculo do OEE para processos seriados (RIBEIRO, 2014):

No mês de abril o equipamento X operou em 2 turnos (considerar 4 finais de semana no mês). Foram registradas as seguintes informações:

- a. Há dois turnos de trabalho. O turno A trabalha de 8h às 17h (com intervalo para almoço entre 12h e 13h) e o turno B trabalha de 17h às 1h30min (com intervalo entre 22h e 22h30min para o jantar).
- b. Sábados e domingos não têm expediente.
- c. Dois feriados ocorreram no mês.
- d. Foram gastas 3 horas para trocar o lubrificante.
- e. São gastos 15 minutos em todos os turnos para os operadores fazerem limpeza.
- f. A manutenção gastou 4 horas para realização da manutenção preventiva do motor de acionamento.
- g. No dia 15 houve uma quebra repentina. O equipamento ficou entre 14h

e 22h sem produzir.

- h. Foram acumuladas 8 horas de pequenas paradas por problemas de instrumentação e elétrica.
- i. O tempo para setup acumulado foi de 13 horas.
- j. Foram dedicadas 22 horas para troca de ferramentas com a máquina parada.

Índice de Disponibilidade Operacional (IDO)

Tempo de carga = (22 dias x 16h) – (2 feriados x 16h) = 320 horas

Tempo de paradas = (3h de lubrificação + 22 dias x 0,5h de limpeza + 4h de MP + 6h de quebra + 8h de pequenas paradas + 13h de Setup + 22h de troca de ferramentas) = 66 horas

Tempo operacional = tempo calendário (320h) – tempo de paradas (66h) = 254 horas

IDO = Tempo operacional/Tempo de carga = (254/320) x 100 = 79,4%

Índice de Performance Operacional (IPO)

Considerando:

Produção do mês de abril = 1930 peças

Tempo de ciclo teórico = 7,5min/peça

IPO = (7,5min/peça x 1930 peças)/(254 horas x 60min/h) = 95%

Índice de Qualidade (IQ)

Considerando:

Peças refugadas = 10

Peças retrabalhadas = 16

IQ = [1930 – (10 + 16)]/(1930 x 100) = 98,6%

OEE = IDO x IPO x IQ = 0,794 x 0,950 x 0,986 = 0,7437 x 100 = 74,37%

## 2.5 APLICAÇÃO DO OEE NA INDÚSTRIA

Avaliar a condição e a qualidade atuais de máquinas envolvidas em processos de fabricação de produtos é um desafio, devido à complexidade inerente aos produtos e à experiência necessária em vários domínios de engenharia. A globalização e a crescente concorrência tornam necessário reduzir os custos de produção e, ao mesmo tempo, garantir alta produtividade e qualidade do produto. Sem a capacidade de avaliar com precisão as condições e a qualidade dos processos de produção e das

máquinas envolvidas, é quase impossível tomar medidas para orientar essas métricas e resultar em altos custos de produção desnecessários (WOHLERS *et. al.*, 2019).

A velocidade global da mudança na indústria de transformação força as empresas a melhorar constantemente o desempenho da produção. Nesse esforço, as medidas de desempenho são críticas para impulsionar e gerenciar melhorias na produção (ANDERSSON; BELLGRAN, 2015).

Para garantir que as organizações de manufatura permaneçam competitivas, a maioria delas está recorrendo à Manutenção Produtiva Total (MPT) para garantir operações contínuas. A Eficácia Global do Equipamento (EGE) é a base dessa estratégia de aprimoramento de negócios, pois elimina as perdas subjacentes que impedem a eficiência do equipamento (AMINUDDIN *et. al.*, 2015).

A Eficácia Global do Equipamento (EGE) é uma métrica poderosa na produção baseada em três elementos principais consistindo em disponibilidade, desempenho e qualidade (SARI; DARESTANI, 2019).

Trata-se de uma ferramenta que pode ser usada na avaliação da eficiência dos sistemas de produção e serve para avaliar o desempenho futuro dos recursos de fabricação e compará-los com a situação inicial, considerando cenários operacionais alternativos (GAMBERINI *et. al.*, 2017).

No entanto, existem muitos desafios associados à implementação do OEE para monitorar e gerenciar o desempenho da produção, por exemplo:

- a) como o OEE é definido, interpretado e comparado;
- b) como os dados do OEE são coletados e analisados;
- c) como é monitorado e por quem;
- d) como se alinha com a estratégia geral de produção;
- e) como poderia ser utilizado para fins de sustentabilidade.

Ainda mais desafios podem ser encontrados ao usar essas medidas como fatores de melhoria. Muitos dos desafios envolvem gerenciamento de mudanças, como qual abordagem usar, como estruturar o procedimento de trabalho, como conscientizar e treinar funcionários e envolver não apenas a gerência, mas também líderes de equipe e operadores (ANDERSSON; BELLGRAN, 2015).

Para organizações que embarcarão na implementação do OEE, o estudo proposto por (AMINUDDIN *et. al.*, 2015) destaca que o treinamento, a conscientização, uma definição clara do papel dos operadores, o conhecimento de perdas de equipamentos e o manuseio básico de equipamentos são alguns dos

fatores que a organização precisará desenvolver antes da implementação do OEE. Esses fatores, apoiados por um forte envolvimento da alta gerência na implementação do OEE e fazendo da remoção de barreiras uma de suas principais prioridades, desempenharão um papel importante na implantação bem-sucedida dessa abordagem.

Além disso, é evidente que o cálculo bem-sucedido do OEE depende da capacidade de coletar dados. Se os dados coletados não forem confiáveis, o valor OEE calculado pode não refletir a utilização real do equipamento. De forma que a qualidade dos dados coletados determina a precisão do OEE estimado (JEONG; PHILLIPS, 2001).

A maioria das empresas possui algum sistema para coletar dados sobre perturbação do maquinário. Frequentemente, os sistemas de manutenção administrativa registram o tempo de reparo, que não é o mesmo que o tempo de parada. Além disso, existem livros de registro onde os operadores registram grandes paradas. Nenhum desses dois sistemas de coleta de dados fornece, na maioria dos casos, uma imagem adequada e abrangente das perdas e suas razões. Em alguns ramos industriais, a coleta de dados é de alta qualidade. Em muitos setores, existe uma resistência à coleta de dados de operadores e encarregados.

Para ter sucesso com a coleta de dados, é necessário encontrar um método menos demorado e também preciso. Além disso, é necessário convencer os operadores e encarregados. Em muitos casos, diferentes pessoas na empresa têm visões completamente diferentes do padrão de distúrbios. Em alguns casos, os operadores acreditam que algumas perturbações têm um grande impacto na eficiência; medições posteriores podem mostrar que isso estava completamente errado. O método de coleta de dados para uma análise de máquina pode ser automático ou manual. Um sistema automático de coleta de dados é caro, complexo e os dados são coletados em um nível agregado. Uma coleta de dados manual pode ser muito detalhada e as falhas podem ser examinadas cuidadosamente. Isso conduz à seguinte pergunta: como as perdas devem ser medidas? Portanto, deve ser importante formular um modelo e hipótese para os principais fatores que influenciam o padrão de distúrbios (LJUNGBERG, 1998).

Alinhado a essas ideias, Hansen (2006) propõe que o principal fator para o sucesso da estratégia do cálculo do OEE é uma coleta de dados consistente. Para se iniciar a coleta de dados, o autor sugere que as mínimas informações necessárias por

produtos a serem coletadas para iniciar análises do OEE, de modo que seja possível planejar atividades de melhoria no equipamento, são: quantidade de peças produzidas por produto, quantidade de peças retrabalhadas e sucateadas, informações dos tempos de ciclo atual e de engenharia por produto, tempos de parada do equipamento, tempo de produção por produto, horário de trabalho por produto (início e término), nome dos operadores, data de produção e código do produto. Com base nestas informações, é possível montar planilhas para coleta de dados para proceder aos registros manualmente.

Posteriormente à revisão teórica, a pesquisa se deteve a apresentar os passos que foram seguidos para a construção deste trabalho.

### 3 MÉTODO DE PESQUISA

Este capítulo apresenta e descreve as características e as etapas que foram seguidas para o desenvolvimento deste trabalho.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa científica aplicada é o resultado de um inquérito ou exame minucioso, realizado com o objetivo de resolver um problema, recorrendo a procedimentos científicos (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

No que se refere à caracterização da presente pesquisa quanto à abordagem, ela classifica-se em mista, pois é composta pela integração das pesquisas qualitativa e quantitativa (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

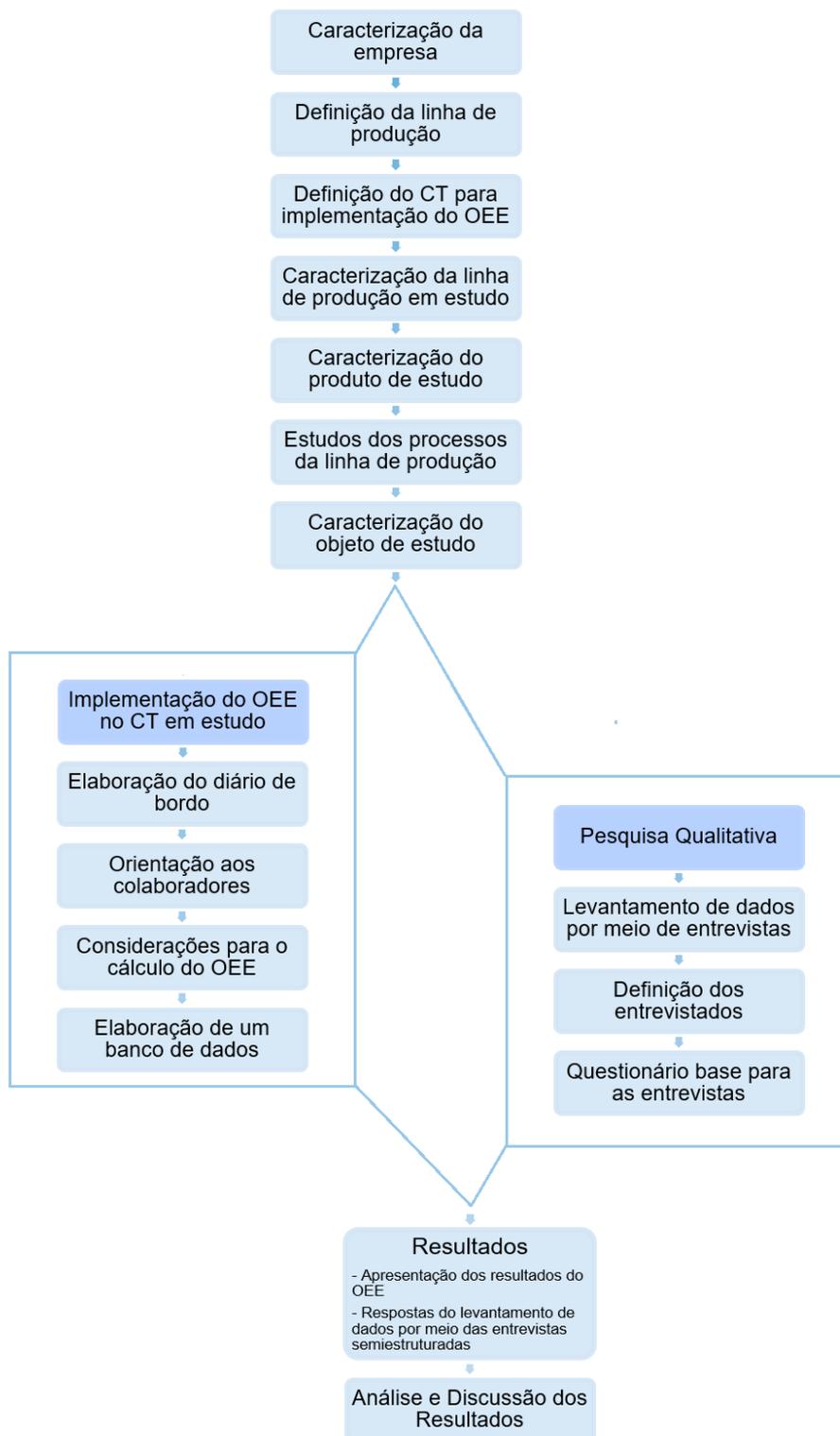
Uma técnica de métodos mistos é aquela em que, por exemplo, a coleta de dados envolve a obtenção tanto de informações numéricas como de informações de texto (por exemplo, em entrevistas), de forma que o banco de dados final represente tanto informações quantitativas como qualitativas (CRESWELL, 2007).

Quanto à natureza, a pesquisa caracteriza-se por ser aplicada pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). Quanto aos objetivos e aos procedimentos, a pesquisa caracteriza-se, respectivamente, por ser exploratória pois tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses (GIL, 2002) e por ser pesquisa de campo pois caracteriza-se pelas investigações em que, além da pesquisa bibliográfica e/ou documental, se realiza coleta de dados junto a pessoas, com o recurso de diferentes tipos de pesquisa (pesquisa ex-post-facto, pesquisa-ação, pesquisa participante, etc.) (FONSECA, 2002).

#### 3.2 ETAPAS DA PESQUISA

A metodologia da presente pesquisa foi dividida conforme mostra o diagrama de blocos da Figura 3.

Figura 3 - Diagrama de blocos da metodologia



(Fonte: Elaborado pela autora)

### 3.2.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa metalmeccânica do presente estudo atua nos segmentos agrícola,

rodoviário, automotivo e construção e tem seus processos concentrados em estamparia, solda e pintura. A organização conta ainda com processos de corte plasma e laser 2D e 3D, usinagem CNC de alta precisão, solda MAG e pontos por resistências totalmente robotizadas, além de processos de pintura ecoat, líquida e pó automatizadas.

A empresa de grande porte do presente estudo, que tem atualmente 2400 funcionários distribuídos entre áreas de apoio e produção, fornece componentes para tratores agrícolas e industriais, peças estruturais para caminhões, peças para a indústria automobilística e peças para a indústria do ramo de construção.

Tendo em vista à redução de custos e o aumento de produtividade, em 2008 começaram os estudos de viabilidade para implementação do *lean* na empresa metalmeccânica do presente estudo. No ano seguinte, a metalúrgica fez uma visita à Toyota e ao *Lean Institute* Brasil (LIB), com o intuito de buscar *benchmarking* acerca de implementação do *lean*. Posteriormente a isso, em 2011, teve início o “Sistema de Produção” da empresa em estudo, que nasceu com o objetivo de implementar o *lean* nas linhas de produção. Com o passar dos anos, as linhas de produção da empresa passaram por diversas fases de implementação do *lean* a fim de estabilizar a metodologia enxuta na organização.

No momento da presente pesquisa, a empresa encontrava-se reestruturando a aplicação do *lean* na fábrica. A implementação do TPM e do OEE estava presente no planejamento de fases de reestruturação aprovado pela alta administração da empresa – direção e gerência.

### 3.2.2 DEFINIÇÃO DA LINHA DE PRODUÇÃO

Para o presente estudo, foi definida a linha de produção dos reservatórios de ar pois essa linha, além de ser estratégica para a empresa, apresenta, por parte da gestão – liderança e supervisão de produção –, abertura para novas rotinas e ferramentas *lean*.

### 3.2.3 DEFINIÇÃO DO CENTRO DE TRABALHO (CT) PARA IMPLEMENTAÇÃO DO OEE

Entre os postos de trabalho da linha de produção, o estudo foi realizado no CT de solda MIG/MAG circunferencial da linha de reservatórios de ar devido a esse CT

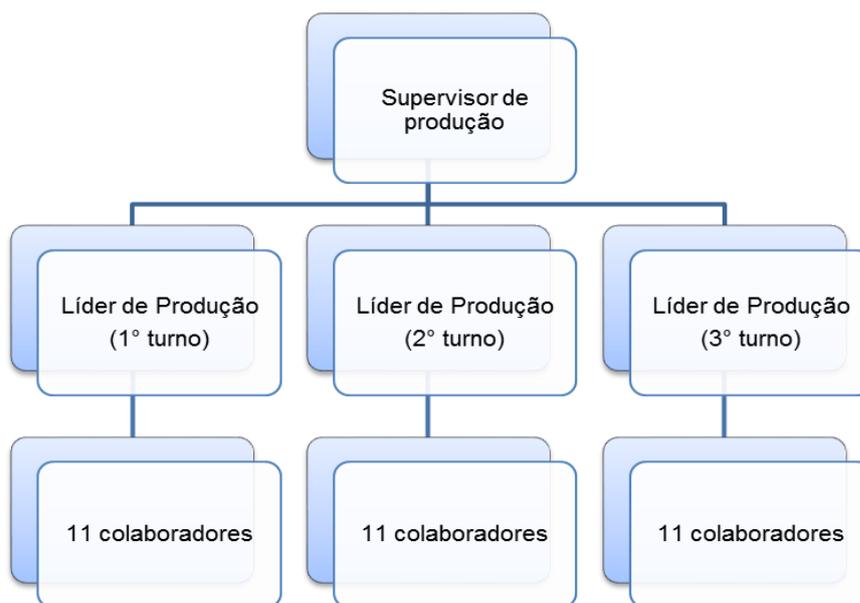
ser um dos principais gargalos da linha e por apresentar, segundo a gestão da linha, alto índice de retrabalho na solda, o que gera maior interesse de estudo.

### 3.2.4 CARACTERIZAÇÃO DA LINHA DE PRODUÇÃO EM ESTUDO

O estudo foi desenvolvido na linha de produção de reservatórios de ar, que é constituída pelos processos de estampagem, calandragem de chapas de aço, soldagem longitudinal, soldagem de componentes em robô, processo em perfiladora, embutimento, soldagem circunferencial, montagem de tampão, jato de granalha, estanqueidade, teste hidrostático e inspeção. Em todos os postos de trabalho de soldagem da linha a solda é do tipo MIG/MAG.

Além disso, a linha em análise é constituída por três líderes de produção e por trinta e três colaboradores, como mostra a Figura 4.

Figura 4 - Hierarquia do setor



(Fonte: Elaborado pela autora)

A jornada de trabalho é distribuída em três turnos, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Jornada de Trabalho

<b>Turno</b>	<b>Horário</b>
1°	06h - 15h48min
2°	15h48min - 01h12min
3°	21h13min - 06h

É ressaltado aqui que a jornada de trabalho da linha de produção teve alterações durante o período de estudo. Essas alterações serão apresentadas no decorrer deste trabalho.

### 3.2.5 CARACTERIZAÇÃO DO PRODUTO DE ESTUDO

De forma geral, os reservatórios de ar são constituídos pelo corpo, pelas conexões e pelas calotas, sendo todas as peças de aço. A Figura 5 mostra um modelo de reservatório de ar.

Figura 5 - Modelo de reservatório de ar



(Fonte: Acervo da empresa)

### 3.2.6 ESTUDO DOS PROCESSOS DA LINHA DE PRODUÇÃO

O processo se inicia a partir do pedido do cliente na forma do conhecido EDI (*Electronic Data Interchange* ou Intercâmbio Eletrônico de Dados), que é a troca de dados por meio de arquivos que seguem uma estrutura pré-definida. A montadora gera um arquivo em formato de texto a partir de um sistema de gestão e envia para o fornecedor – o caso da empresa do presente estudo - informando a data de entrega e a quantidade de cada produto.

O sistema de gestão do fornecedor realiza a importação automática do arquivo recebido. Dessa forma, todas as informações referentes à programação de entrega ficam disponíveis para o planejamento da produção.

A empresa em estudo utiliza o SAP (*Systems Applications and Products in Data Processing*) para gerir a produção. O pedido então, a partir do EDI, torna-se a OP (Ordem de Produção), que abrange todos processos de produção do produto, que geralmente vão desde a estamparia até a pintura.

O processo de produção dos reservatórios de ar começa com a entrada de material na forma de chapas na linha. O fluxo de produção desse material é iniciado na prensa, onde ocorre a marcação do código do reservatório e onde são realizadas as

devidas furações, que servirão para encaixe das conexões. Em seguida, a chapa estampada (que corresponde ao corpo do reservatório) é encaminhada para a calandra, onde é conformada entre rolos para que seja obtida a curvatura especificada e, ainda nesse fluxo, a chapa calandrada é encaminhada para o CT de solda longitudinal do corpo do reservatório.

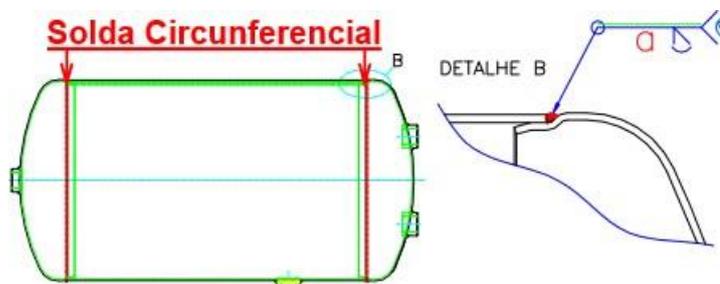
Posteriormente a esses processos, ocorre a solda robotizada das conexões nas calotas já perfiladas e no corpo do reservatório, em seguida as calotas são embutidas e soldadas de forma circunferencial ao corpo. O reservatório ainda passa pelo processo de montagem de tampão e pelo processo de jato de granalha para, principalmente, limpar a peça e aumentar a rugosidade do material de forma a evitar o deslocamento de tinta. Na sequência, com a finalidade de garantir a qualidade e a segurança do produto, o reservatório passa pela estanqueidade, por teste hidrostático e por inspeção. Depois, os reservatórios são carregados no skid (suporte para transporte de peças) e encaminhados para linha de pintura.

Como o estudo foi realizado no CT de solda circunferencial da linha de produção, esse processo foi abordado separadamente no tópico 3.2.6.1. Além disso, em vista da importância dos testes de inspeção, que são realizados com a finalidade de garantir a qualidade dos reservatórios de ar, o tópico 3.2.6.2 aborda esses ensaios.

### 3.2.6.1 SOLDAGEM CIRCUNFERENCIAL

A solda circunferencial, que é realizada numa máquina de solda MIG/MAG semiautomatizada, une o corpo às calotas do reservatório, como mostra a Figura 6.

Figura 6 - Soldagem circunferencial

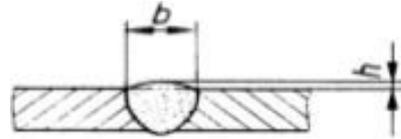


(Fonte: Acervo da empresa)

O operador da máquina é responsável pela limpeza do arame de solda, por regular o afastamento da tocha com paquímetro e o ângulo com inclinômetro, realizar a regulagem da máquina de solda, ajustar posição do cordão de solda na junta e travar a posição das tochas nas contra-porcas dos manípulos para evitar que a tocha saia de posição durante a soldagem.

Além disso, o operador deve medir a altura ( $h$ ) e a largura ( $b$ ) da solda conforme as Figuras 7, 8 e 9 e comparar dimensões máxima e mínima conforme especificado na Instrução de Trabalho (IT).

Figura 7 - Largura e altura da solda circunferencial



(Fonte: Acervo da empresa)

Figura 8 - Medição da largura com paquímetro



(Fonte: Acervo da empresa)

Figura 9 - Medição de altura do cordão de solda



(Fonte: Acervo da empresa)

Ao terminar a soldagem, o operador da máquina de solda deve ainda verificar se houve algum tipo de não conformidade na solda, como porosidade, mordedura, “escorrimento” ou se a altura do transpasse de solda foi superior ao permitido na IT, como mostram as Figuras 10, 11, 12 e 13.

Figura 10 - Porosidade na solda



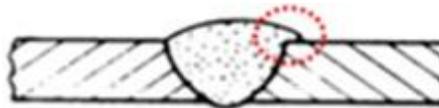
(Fonte: Acervo da empresa)

Figura 11 - Mordedura de solda



(Fonte: Acervo da empresa)

Figura 12 - "Escorrimento" de solda



(Fonte: Acervo da empresa)

Figura 13 - Transpasse de solda

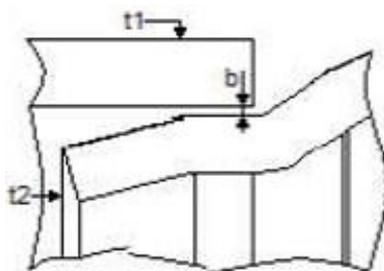


(Fonte: Acervo da empresa)

Ademais, o operador deve medir a espessura do corpo da milésima peça, encaminhar para o laboratório de solda a espessura efetiva encontrada, para fins de cálculo de ruptura no teste de estouro.

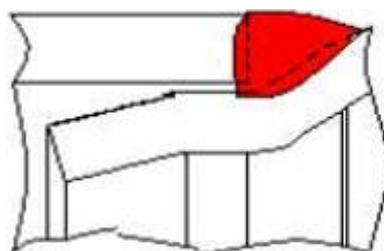
No Registro de Qualificação de Procedimento de Soldagem (RQPS) são definidos parâmetros do procedimento de soldagem, tais como velocidade do arame, tensão, corrente, percentual de gás carbônico e de argônio, vazão de gás, material de adição, número de passes e o tipo de processo (MIG/MAG). Além disso, são especificados o projeto da junta, apresentação da solda, técnicas de soldagem, ângulos de soldagem (de avanço e de trabalho) e afastamento, como mostram as Figuras 14, 15, 16, 17, 18 e 19 respectivamente.

Figura 14 - Projeto da junta



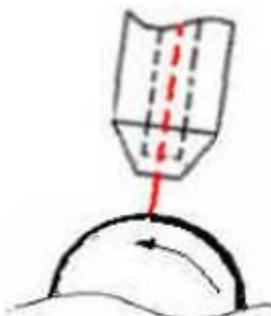
(Fonte: Acervo da empresa)

Figura 15 - Apresentação da solda



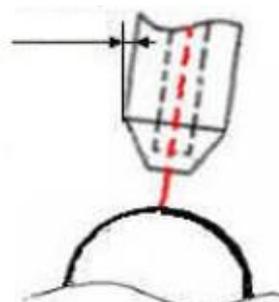
(Fonte: Acervo da empresa)

Figura 16 - Técnicas de soldagem



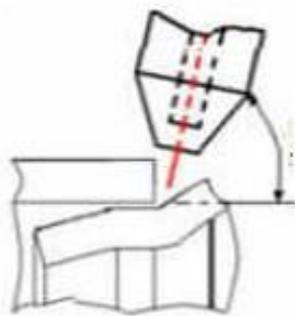
(Fonte: Acervo da empresa)

Figura 17 - Ângulo de avanço



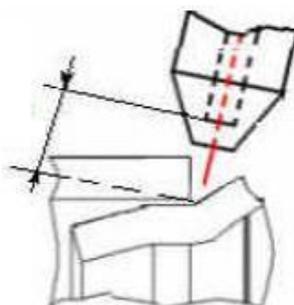
(Fonte: Acervo da empresa)

Figura 18 - Ângulo de trabalho



(Fonte: Acervo da empresa)

Figura 19 - Afastamento



(Fonte: Acervo da empresa)

### 3.2.6.2 TESTES DE INSPEÇÃO

Os testes de inspeção dos reservatórios de ar do presente estudo são constituídos por teste de estanqueidade, teste hidrostático e teste de ruptura (estouro) e são realizados conforme a norma EN 286-2: 1992, que é uma norma europeia que aplica-se ao projeto e fabricação em série de vasos de pressão projetados para equipamentos de frenagem a ar e sistemas auxiliares para veículos a motor e seus reboques.

#### 3.2.6.2.1 Teste de estanqueidade

O teste de estanqueidade é realizado imergindo o reservatório de ar pressurizado num tanque com água, identificando de forma visual algum vazamento por meio de bolhas de ar.

Primeiramente é colocado um bico de teste no reservatório. Ele é então pressurizado por meio da abertura da válvula de pressurização, sendo a pressão verificada através de um manômetro. A verificação de vazamentos é feita de forma visual e, após a inspeção, a válvula é fechada e o bico de teste é retirado liberando a

saída de ar do reservatório. A temperatura da água é verificada num controlador automático de temperatura e ajustada com acelerador conforme necessário.

Posteriormente a esse procedimento, o reservatório é encaminhado para o teste hidrostático.

#### 3.2.6.2.2 Teste hidrostático

Para qualquer vaso de pressão é obrigatória a execução de um teste de pressão, para a verificação da estanqueidade do vaso, depois de completada a sua fabricação e montagem; essa é uma exigência geral de todas as normas de vasos de pressão.

Os testes hidrostáticos são comumente realizados após a fabricação do equipamento e após a execução de reparos ou procedimentos com realização de solda, por exigência das normas de projeto. Esse teste tem como principal finalidade avaliar o estado de integridade dos equipamentos para resistir às condições normais de operação.

Na grande maioria dos casos esse teste é feito enchendo-se completamente o vaso com água e aplicando-se a pressão de teste hidrostático. O teste também pode ser realizado com ar comprimido, porém o emprego de ar comprimido é muito perigoso porque a compressão do ar – ou de qualquer outro gás – acumula energia potencial, e dessa forma, havendo alguma falha ou vazamento no vaso, é necessário que decorra um tempo longo, com grande saída de ar, até que a pressão interna iguale-se à pressão atmosférica; a liberação súbita da energia acumulada, no caso de uma falha, pode provocar uma explosão, como o lançamento de estilhaços do vaso às vezes em grande distância. Por esse motivo, essas alternativas, com uso de ar comprimido, devem em princípio ser proibidas, permitindo-se somente nos raros casos em que o teste convencional com água for completamente impossível (em vasos de grande volume montados em campo, em que os suportes e fundações não resistam ao peso do vaso cheio de água, por exemplo). A pressão do teste é compatível com a segurança da parte mais fraca do vaso. Esta pressão é por isso sempre superior à pressão de projeto e, também, à pressão máxima de trabalho admissível do vaso, e, portanto, durante o teste hidrostático, o material ficará submetido a uma tensão acima de sua tensão admissível. Essa situação pode ser admitida, com segurança, pelo fato do teste hidrostático ser realizado, uma única vez, durante pouco tempo, com o vaso novo, com água, e em temperatura ambiente. Para o teste, todas as aberturas do reservatório são mantidas fechadas com os bujões. A água para o teste deve ser doce,

limpa e neutra; o emprego de água salgada poderia causar graves problemas de corrosão (TELLES, 1996).

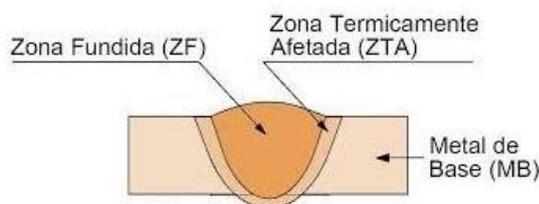
O teste de pressão do reservatório de ar do presente estudo é realizado com água, não oferecendo risco de explosão ou estilhaçamento, porque os líquidos são incompressíveis, não havendo assim acumulação de energia.

Antes da realização do teste hidrostático o tampão é montado novamente no reservatório de ar.

### 3.2.6.2.3 Teste de estouro

A cada 1000 peças de um mesmo código, um reservatório de ar é encaminhado para o laboratório de solda para que seja realizado o teste de estouro e a macrografia. Nesse teste, é avaliado o local de ruptura do reservatório, que geralmente ocorre na Zona Termicamente Afetada (ZTA), que é a zona que compreende as regiões do metal base cuja estrutura ou propriedades foram alteradas pelas variações de temperatura durante a soldagem, sendo uma região crítica de uma junta soldada.

Figura 20 - Zona Termicamente Afetada (ZTA)



(Fonte: Imagens Google)

Isso ocorre porque num ponto da ZTA logo além da borda da poça de fusão a temperatura aumenta rapidamente a um nível próximo do da poça de fusão e diminui rapidamente produzindo um efeito como o de têmpera. Em aços, essa região torna-se austenítica durante o aquecimento e pode conter o constituinte duro conhecido como martensita quando se resfria. Esta é, portanto, uma região potencial de defeitos, que podem ser fissuração por hidrogênio (designada também por fissuração sob cordão), decoesão lamelar, trincas de reaquecimento, fissuração por corrosão sob tensão ou trincas de liquação, por exemplo (FORTES; ARAÚJO, 2005).

O ensaio de macrografia consiste na verificação a olho nu ou com uma ampliação de no máximo 10 vezes, de uma superfície plana, preparada adequadamente através de lixamento; a superfície é normalmente atacada por uma substância que reage com a superfície lixada e revela detalhes macrográficos da estrutura do material ou da junta soldada ensaiada. Assim, pode-se identificar o tipo

de defeito de soldagem que causou a ruptura do reservatório de ar.

### 3.3 IMPLEMENTAÇÃO DO *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS* (OEE) NO CT EM ESTUDO

Com a finalidade de identificar os principais desafios encontrados na implementação do OEE, ele foi aplicado na linha dos reservatórios de ar. Além disso, esse indicador pode ser usado como ferramenta para identificar oportunidades de melhorias e assertividade no serviço de outros departamentos como manutenção, qualidade, ferramentaria e outros setores.

Durante a pesquisa, foram envolvidos os níveis de operação, liderança e supervisão de produção. Ademais, os operadores do CT em estudo foram orientados quanto ao preenchimento do diário de bordo, quanto aos benefícios que a análise do OEE proporciona e quanto à necessidade de medi-lo.

#### 3.3.1 ELABORAÇÃO DO DIÁRIO DE BORDO

Para a coleta de dados no CT foi implementado um diário de bordo no posto operacional para registro dos dados relativos à qualidade e à disponibilidade dos equipamentos. Dados relacionados à performance foram retirados do SAP, pois os operadores apontam (registram) a quantidade de reservatórios produzidos no sistema através da OP. Além disso, quando alguma peça é sucateada essa informação também é registrada no sistema através da OP. A partir desses dados foram obtidas as três variáveis do OEE, que são qualidade, disponibilidade e performance.

O diário de bordo, que foi feito com o auxílio da liderança de produção, foi elaborado de forma a facilitar o preenchimento de dados em vista do tempo dos operadores de produção, como pode-se observar pelos códigos no diário de bordo na Figura 21. Além disso, a cada troca de turno era feita a troca desse diário.

A Figura 21 mostra o diário de bordo utilizado no posto de trabalho de solda circunferencial.

Figura 21 - Diário de bordo

DIÁRIO DE BORDO - SOLDA CIRCUNFERENCIAL						
DISPONIBILIDADE					CÓDIGO PARADA	DESCRIÇÃO DA PARADA
DATA	CÓD. PARADA	HORA INÍCIO	HORA FIM	OBSERVAÇÕES	1	Setup
					2	Manutenção Preventiva
					3	Manutenção Corretiva
					4	Manutenção Preditiva/Lubrificação
					5	Manutenção Autônoma
					6	Falta de matéria-prima
					7	Retrabalho
					8	Falta de consumível/Tubo/Bico/Anel/Tampão
					9	Troca de consumível/Arame/Bico
					10	Treinamento/Reunião/GD
					11	Organização do setor/5S
					12	Preparação de material
					13	Manutenção do dispositivo de solda
					14	Falta de Skid
					15	Erro operacional
					16	Lanche/Café
					17	Esteira cheia
					18	Correção de cordão de solda
					19	Aguardando operação
					20	Falta de mão-de-obra
QUALIDADE					CÓDIGO NC	DESCRIÇÃO DA NÃO CONFORMIDADE
CÓDIGO NC	SUCATA	RETRABALHO	OBSERVAÇÕES		D	Cordão de solda/Mordedura/Porosidade Circunferencial
					G	Vazamento na solda circunferencial
					I	Vazamento na solda suporte
					O	Amassamento

(Fonte: Acervo da empresa)

Para a pesquisa em questão foram considerados sete meses de coleta de dados após a implementação do diário de bordo na linha de produção, abrangendo o período de novembro de 2019 até maio de 2020.

### 3.3.2 TREINAMENTO E ORIENTAÇÃO AOS COLABORADORES

Posteriormente à elaboração do diário de bordo, os colaboradores foram reunidos na linha de produção e foram orientados pela liderança quanto à forma do preenchimento de dados, sobre a importância da coleta de dados para o cálculo do OEE e sobre os benefícios desse indicador.

Após o treinamento e a implementação do diário de bordo no CT, os dados coletados serviram de base para o cálculo do OEE.

### 3.3.3 CONSIDERAÇÕES PARA O CÁLCULO DO OEE

Para o cálculo do OEE, foram considerados os Índices de Disponibilidade

Operacional (IDO), Performance Operacional (IPO) e Qualidade (IQ) levando em conta as seis grandes perdas (apresentadas no referencial teórico).

Para o cálculo do Índice de Disponibilidade Operacional (IDO) foram levadas em conta as variáveis Tempo de carga e Tempo com paradas. No período de novembro de 2019 até abril de 2020 a linha era constituída por três turnos, assim como mostra a Tabela 2.

Tabela 2 - Variáveis utilizadas para cálculo do Índice de Disponibilidade Operacional (IDO)

Turno	Tempo disponível (min)	Início	Fim	Paradas Programadas	Horas totais	Horas sem paradas
1°	498	06h	15h48min	1h30min	9h48min	8h18min
2°	534	15h48min	01h12min	30min	9h24min	8h54min
3°	258	1h12min	06h	30min	4h48min	4h18min
Tempo total disponível	1290					

(Fonte: Elaborado pela autora)

O primeiro turno tinha uma hora e meia de paradas programadas, sendo uma hora de intervalo de almoço e a outra meia hora correspondente ao tempo utilizado para organização no início e no fim do turno.

Havia um período de intersecção entre o segundo e terceiro turno, com isso não havia parada da produção durante o intervalo de janta. As paradas de meia hora do segundo e terceiro turno eram destinadas para organização no início e no fim do turno.

É ressaltado aqui que nos períodos de 13 a 26 de abril e de 25 a 29 de maio a linha operou com apenas um turno, no período de 27 de abril a 24 de maio a linha operou com dois turnos e até o final da pesquisa a jornada de trabalho foi de apenas um turno. Essa redução de turnos está relacionada à redução de demanda dos clientes em função do reflexo do novo Coronavírus na economia.

Nos períodos de 18 de dezembro a 6 de janeiro a linha estava em férias coletivas. Além disso, no período de 24 de março a 13 de abril foram dadas férias aos colaboradores em função da pandemia.

### 3.3.4 ELABORAÇÃO DE UM BANCO DE DADOS

Para a construção do banco de dados, as informações do diário de bordo foram inseridas diariamente numa planilha em Excel pela liderança no final do turno. Além disso, nessa planilha também foram inseridas as equações dos índices do OEE. Dessa forma, os Índices de Disponibilidade Operacional (IDO), de Qualidade (IQ) e de Performance Operacional (IPO) foram calculados.

## 3.4 PESQUISA QUALITATIVA

A fim de responder o objetivo geral deste trabalho, foram realizadas entrevistas semi-estruturadas, que são aquelas em que se parte de certos questionamentos básicos, apoiados em teorias e hipóteses, que interessam à pesquisa e que, em seguida, oferecem amplo campo de interrogativas, fruto de novas hipóteses que vão surgindo à medida que se recebem as respostas do entrevistado. Este, seguindo espontaneamente a linha de seu pensamento e de suas experiências dentro do foco principal colocado pelo investigador, começa a participar na elaboração do conteúdo da pesquisa. É útil esclarecer que essas perguntas fundamentais que constituem, em parte, a entrevista semi-estruturada, são resultado não só da teoria que alimenta a ação do investigador, mas, também, de toda a informação que ele já recolheu sobre o fenômeno que interessa (MARTINS; BÓGUS, 2004).

### 3.4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS POR MEIO DE ENTREVISTAS

O objetivo das entrevistas foi analisar a percepção de cada entrevistado sobre o OEE, bem como sobre as dificuldades encontradas na implementação desse indicador na linha de produção dos reservatórios de ar.

As entrevistas foram realizadas de maneira individual com cada entrevistado e tiveram duração de 20 a 50 minutos. O áudio das entrevistas foi gravado para que, no momento da entrevista, fossem observadas também as reações dos entrevistados quanto às perguntas. Além disso, as entrevistas foram realizadas na empresa em estudo durante a jornada de trabalho dos entrevistados.

### 3.4.2 DEFINIÇÃO DOS ENTREVISTADOS

A entrevistas semi-estruturadas foram realizadas com os três níveis da organização que estão diretamente ligados ao CT de solda MIG/MAG em estudo: operação, liderança e supervisão de produção.

A entrevista foi realizada com um dos líderes e com um dos operadores do CT em estudo, sendo os dois entrevistados do primeiro turno (das 6h às 15h48min). O Quadro 1 apresenta as características dos entrevistados.

Quadro 1 – Características dos entrevistados

Características	Operação	Liderança	Supervisão
Formação	Curso de Solda MIG/MAG; Ensino superior em andamento – Administração	Técnico em Mecânica	MBA em Gerenciamento de Projetos; Engenharia de Produção Mecânica
Tempo de empresa	7,5 anos	3 anos	2 anos
Tempo na linha de produção	6 anos	1,5 anos	1,5 anos
Nível de conhecimento sobre OEE	Nível básico – Contato com OEE através da implementação no CT em estudo	Nível intermediário – Participação em treinamentos sobre TPM; Orientação aos colaboradores sobre o OEE	Nível avançado – Implementação do TPM em uma máquina gargalo em outra empresa metalmeccânica

(Fonte: Elaborado pela autora)

### 3.4.3 QUESTIONÁRIO BASE PARA AS ENTREVISTAS DA PESQUISA

Com a finalidade de responder ao objetivo geral dessa pesquisa foram realizadas entrevistas com os responsáveis pela área que trabalham no chão-de-fábrica: operação, liderança e supervisão de produção.

Entende-se que o roteiro de entrevistas serve para a coleta de informações básicas, sendo um processo de interação com o informante.

Para a entrevista foi utilizado o seguinte questionário para os três níveis:

- a) O que você sabe sobre o OEE?
- b) Quais eram as expectativas antes de implementar o OEE no CT de solda circunferencial da linha?
- c) Quais foram os benefícios e resultados de ter implementado o OEE?
- d) Quais as dificuldades encontradas na implementação do OEE?
- e) Quais os desafios para manter e aprimorar o OEE?
- f) O que você gostaria de externar sobre a implementação do OEE?

Posteriormente ao método de pesquisa, foram obtidos os resultados por meio da implementação do OEE e da pesquisa qualitativa.

## 4 RESULTADOS

Para a obtenção dos resultados, o primeiro passo se deu através da implementação do OEE, que foi realizada por meio da orientação da liderança aos colaboradores quanto à importância desse indicador e quanto ao preenchimento de dados do diário de bordo, o qual foi instalado no CT de solda circunferencial em estudo.

Num segundo momento, foi realizada a pesquisa qualitativa por meio de entrevistas semiestruturadas com os três níveis da organização que estão diretamente ligados ao CT em estudo: operação, liderança e supervisão de produção.

### 4.1 IMPLEMENTAÇÃO DO OEE

Para a implementação do OEE, primeiramente foi elaborado o diário de bordo. O segundo passo necessário para a implementação do OEE, foram as considerações para o cálculo desse indicador. Essas considerações interferiram diretamente nos resultados do OEE, pois influenciaram principalmente o cálculo do Índice de Disponibilidade Operacional (IDO).

O banco de dados, que foi elaborado por meio de uma planilha em Excel, foi feito para servir de base para o cálculo do OEE e para estabelecer um histórico de informações. A Figura 22 mostra uma imagem do banco de dados desenvolvido.

Figura 22 - Recorte do banco de dados

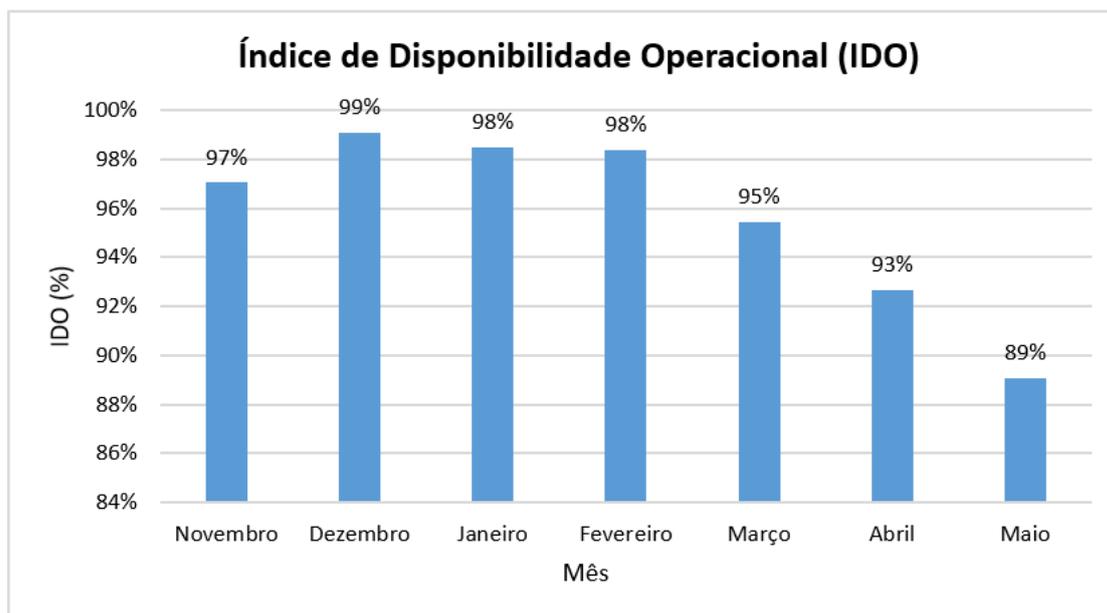
Data	Descrição da parada	Início da parada	Fim da parada	Tempo de parada (min)
04/11/2019	Treinamento/Reunião/GD	17:35	18:20	45
07/11/2019	Treinamento/Reunião/GD	15:48	16:30	42
11/11/2019	Manutenção Corretiva	15:48	16:15	27
11/11/2019	Manutenção Corretiva	07:20	08:55	95
11/11/2019	Treinamento/Reunião/GD	06:00	07:10	70
18/11/2019	Troca de consumível/Arame/Bico	03:00	03:10	10
18/11/2019	Setup	06:00	06:15	15
18/11/2019	Manutenção Corretiva	06:20	07:00	40
20/11/2019	Manutenção Corretiva	15:48	20:00	252
21/11/2019	Manutenção Corretiva	00:35	01:05	30
22/11/2019	Setup	04:50	05:05	15
22/11/2019	Setup	05:05	05:20	15
26/11/2019	Manutenção Corretiva	01:50	03:20	90
26/11/2019	Manutenção Corretiva	01:50	03:20	90
27/11/2019	Retrabalho	12:50	13:12	22
28/11/2019	Treinamento/Reunião/GD	08:00	08:45	45
30/11/2019	Falta de matéria-prima	03:25	03:50	25
30/11/2019	Falta de matéria-prima	03:26	03:51	25

(Fonte: Acervo da empresa)

No trabalho proposto, os resultados do OEE durante os sete meses de coleta de dados foram estritamente necessários para análise dos principais *gaps* (lacunas) e desafios observados na implementação desse indicador.

A Figura 23 mostra o Índice de Disponibilidade Operacional (IDO) durante os sete meses de coleta de dados.

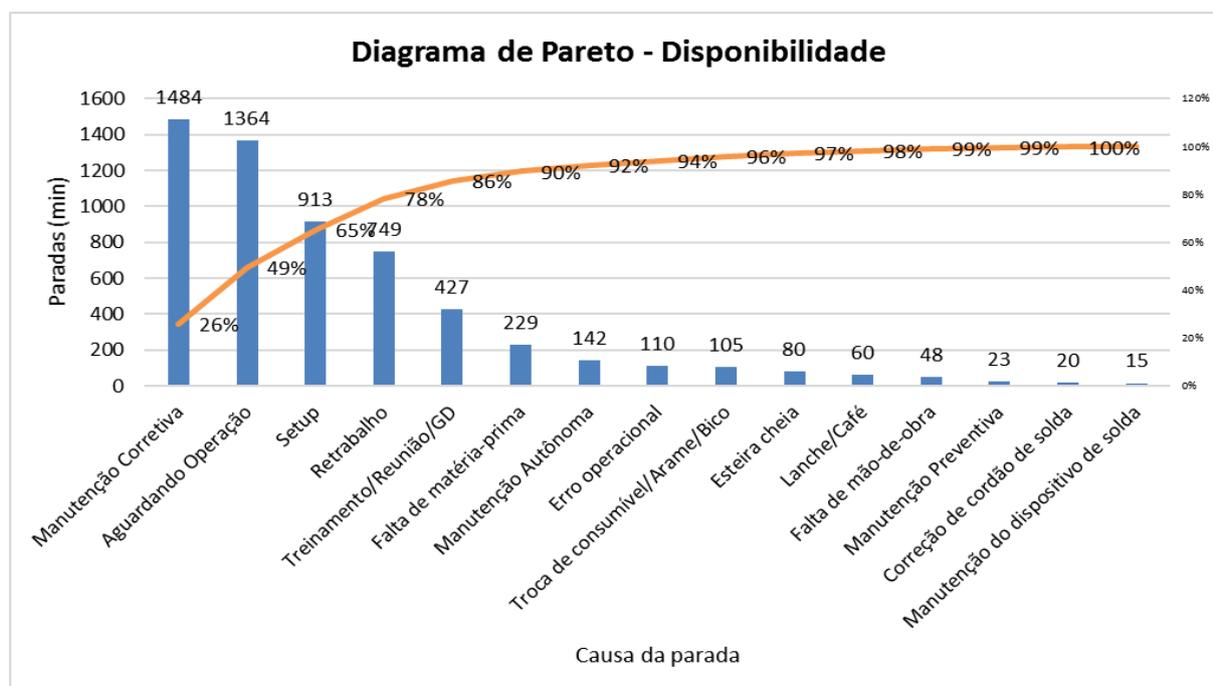
Figura 23 - Disponibilidade Operacional (IDO)



(Fonte: Acervo da empresa)

Nesse contexto, foi realizada uma análise das causas que geraram paradas de máquina durante o período de estudo a partir da construção de um Diagrama de Pareto conforme mostra a Figura 24.

Figura 24 - Diagrama de Pareto – Disponibilidade



(Fonte: Acervo da empresa)

A partir do Diagrama de Pareto pode-se verificar que as quatro principais causas das paradas de máquina no período de sete meses foram “Manutenção Corretiva” (aproximadamente 24,73 horas), “Aguardando Operação” (aproximadamente 22,73 horas), “Setup” (aproximadamente 15,22 horas) e “Retrabalho” (aproximadamente 12,48 horas). Na análise das quatro principais causas foram identificados os seguintes motivos:

#### Manutenção Corretiva - Causas

As principais paradas relacionadas à Manutenção Corretiva nesse período foram devido à:

- a) Quebra do pino que trava o cabeçote que movimenta a placa da máquina, em detrimento do movimento contrário do pistão para posicionar o reservatório;
- b) Desgaste na guia e no rolamento – devido ocasionalmente cair respingo de solda sobre a guia;
- c) Falta de concentricidade no giro das placas direita e esquerda devido desgaste dos rolamentos e da guia;
- d) Bocal da tocha entupido impedindo a passagem de gás;
- e) Rolamento emperrado devido à falta de lubrificação;
- f) Mesa sem movimento vertical pois o pistão pneumático não estava funcionando. O pistão não estava funcionando porque a mangueira estava vazando ar devido à existência de respingo de solda;
- g) Lente obstruída devido à sujeira e respingo de solda, impedindo a visualização da solda;
- h) Problema na fonte devido à sobretensão na rede elétrica;
- i) Um dos cabos do sensor do êmbolo queimou impedindo a máquina de funcionar.

#### Aguardando operação – Causas

As principais paradas relacionadas ao tópico “Aguardando operação” nesse período foram devido à falta de peças.

#### Setup - Causas

Embora a terceira maior causa das paradas seja Setup, ele não é considerado uma causa crítica na célula de solda analisada, pois o tempo utilizado para tal fim não é significativo perante a quantidade de peças produzidas.

#### Retrabalho – Causas

As principais paradas relacionadas ao Retrabalho nesse período foram devido

a:

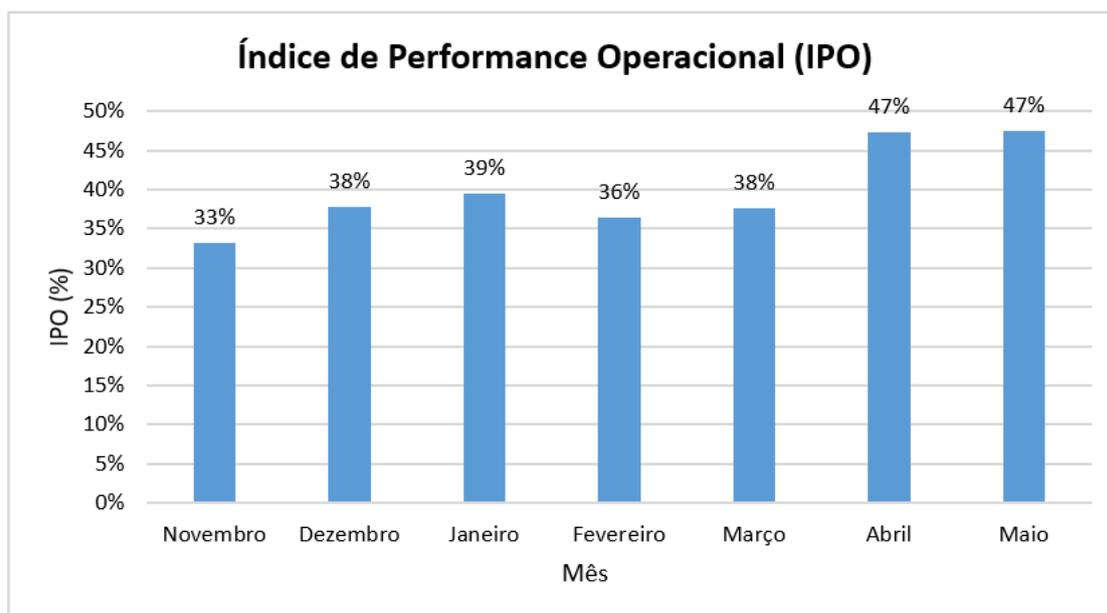
- a) Cordão de solda variado por causa do escorrimento que ocorre devido ao ângulo de avanço maior ou menor que o especificado na IT;
- b) Mordedura devido à localização da tocha errada/erro operacional ou devido à inclinação do ângulo de trabalho fora do especificado na IT;
- c) Porosidade devido ao respingo de solda na superfície no bico de contato impedindo a passagem de ar (que irá servir para proteger o arco elétrico) pelo bocal ou devido à presença de óleo nas peças oriundas da estamparia;
- d) Amassamento do reservatório devido a erro operacional.

Em se tratando do diário de bordo, ele foi estruturado de maneira a ocupar o menor tempo possível dos operadores, como uma forma de evitar o não preenchimento dos dados. Porém, o Diagrama de Pareto mostra que a coleta de dados de paradas não foi 100% realizada ou que os dados não foram adicionados de forma correta no diário. Por exemplo, o tempo utilizado para o *checklist* diário de Manutenção Autônoma é de 2 min e os dados foram monitorados durante 135 dias. Portanto, considerando que o *checklist* foi realizado todos os dias, o valor esperado no gráfico era de no mínimo 270 min e o gráfico mostra 142 min.

É ressaltado que “Treinamento/Reunião/GD”, “Manutenção Autônoma” e “Lanche/Café” eram perdas já consideradas na produtividade da linha. Porém, essas paradas também foram mapeadas no diário de bordo a fim de se verificar o tempo gasto para tal fim.

O Figura 25 mostra o Índice de Performance Operacional (IPO) durante os sete meses de coleta de dados. Para o cálculo desse índice foram utilizados o tempo disponível, o tempo de ciclo teórico de cada reservatório produzido e a quantidade total de produção.

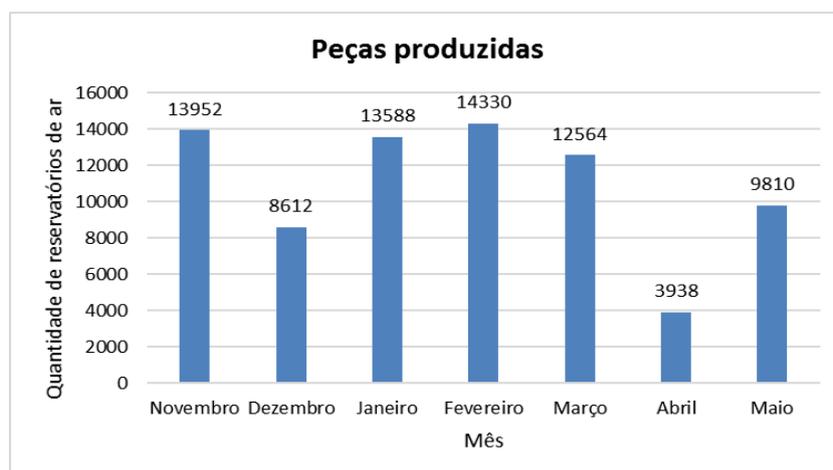
Figura 25 - Índice de Performance Operacional (IPO)



(Fonte: Acervo da empresa)

Nesse sentido, na Figura 26 pode-se verificar a quantidade de peças produzidas em cada mês do estudo. Esses dados foram retirados do software de gerenciamento da produção utilizado pela empresa, que é o SAP.

Figura 26 - Produção total de reservatórios de ar



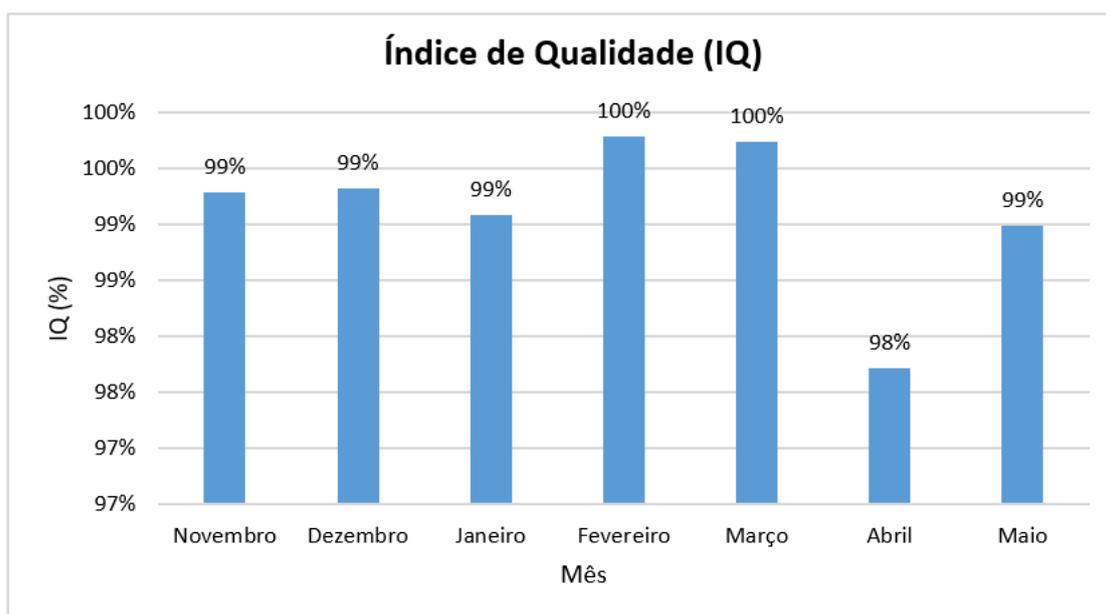
(Fonte: Acervo da empresa)

A baixa produção de dezembro e de abril se justifica uma vez que a partir do dia 18 de dezembro até o dia 6 de janeiro a linha encontrava-se em férias coletivas, bem como nos períodos de 24 de março até o 13 de abril e de 17 até o dia 21 de abril (em função da pandemia).

Para o cálculo de Índice de Qualidade (IQ) foram utilizados os dados de

quantidade total de peças, quantidade de peças boas e de peças ruins. Os dados de peças sucateadas foram retirados do software de gerenciamento da produção utilizado pela empresa, que é o SAP. Além disso, os dados de peças retrabalhadas foram retirados do diário de bordo. A Figura 27 mostra o Índice de Qualidade (IQ) durante os sete meses de coleta de dados.

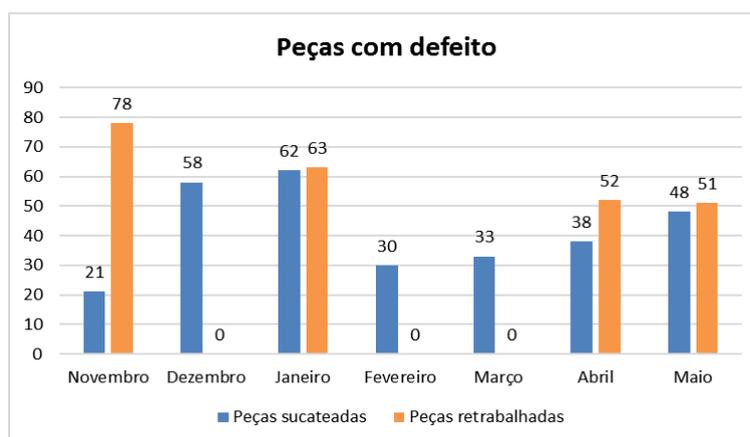
Figura 27 - Índice de Qualidade



(Fonte: Acervo da empresa)

O gráfico da Figura 28 mostra o número de reservatórios de ar sucateados e retrabalhados por mês.

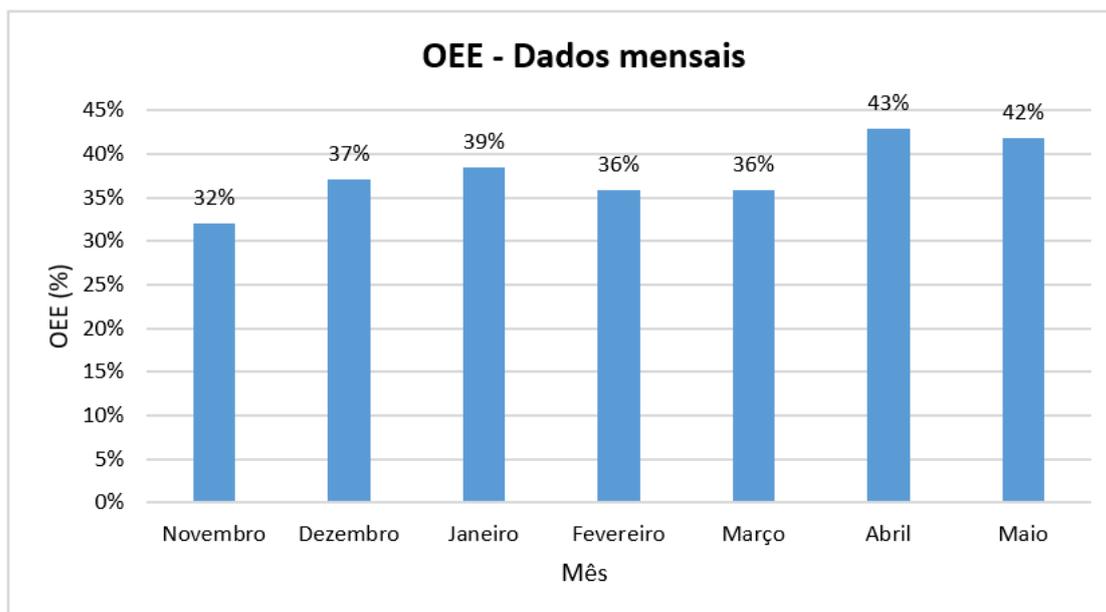
Figura 28 - Peças com defeito



(Fonte: Acervo da empresa)

A partir desses três índices pode-se obter o valor do OEE durante os sete meses de coleta de dados, conforme mostra o Figura 29.

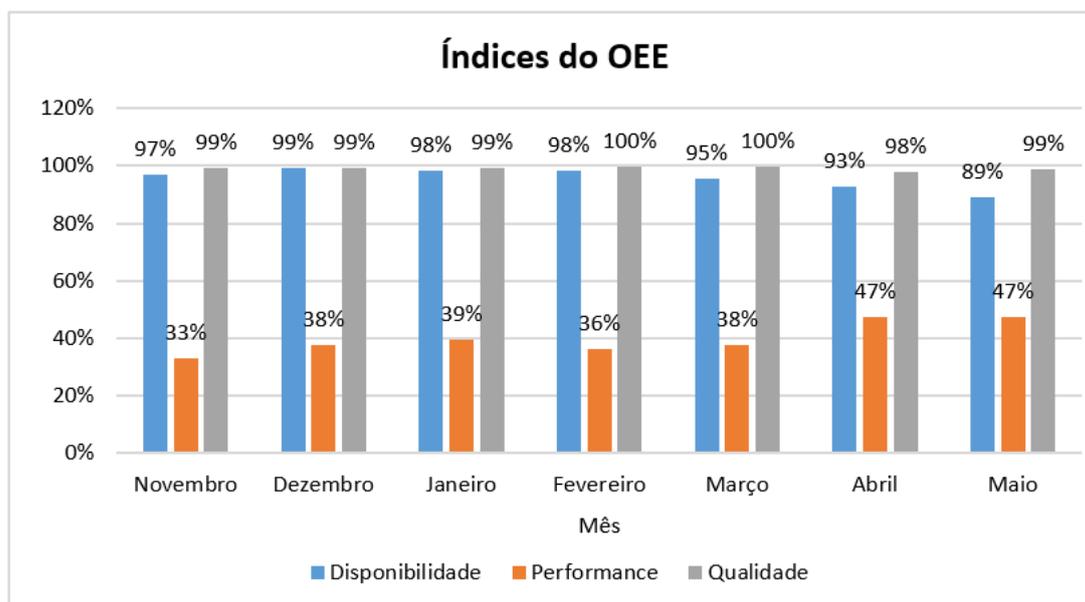
Figura 29 - Média OEE por mês



(Fonte: Acervo da empresa)

A Figura 30 apresenta o comportamento dos três índices do OEE por mês, a fim de identificar qual índice mais contribuiu para o decréscimo OEE em cada um dos sete meses.

Figura 30 - Índices de OEE



(Fonte: Acervo da empresa)

Por meio da análise gráfica dos resultados do OEE, pode-se observar que o OEE aumentou em 10 pontos percentuais do primeiro mês de implementação para o último. O Índice de Disponibilidade Operacional (IDO) teve uma redução de 8 pontos percentuais, de 97% para 89%, a Performance teve um aumento de 14 pontos

percentuais, de 32% para 42% e a Qualidade não teve variação entre o primeiro e o último mês de análise, mantendo-se em 99%.

Além disso, a partir dos gráficos, pode ser evidenciado que o índice que mais influenciou na diminuição do OEE na célula de solda circunferencial em estudo foi o Índice de Performance Operacional (IPO). As principais causas para baixa performance do CT foram:

- i. Falta de sequenciamento assertivo da produção (*Heijunka*) ocasionando setup's desnecessários;
- ii. Regulagem inadequada do equipamento;
- iii. Capacidade diminuída por motivos de desgaste do equipamento.

Entende-se que um dos primeiros passos para a solução dos problemas é identificá-los. Nesse contexto, apresentá-los para a operação, de forma gráfica, permitiu a investigação de causas com a finalidade de encontrar soluções para os problemas existentes, além de contribuir com a aceleração das ações que envolviam as áreas de apoio.

#### 4.2 RESPOSTAS DO LEVANTAMENTO DE DADOS

Com a finalidade de analisar a percepção de cada entrevistado sobre o OEE, bem como sobre as dificuldades encontradas na implementação desse indicador no CT de solda circunferencial da linha de produção dos reservatórios de ar, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com os três níveis da organização que estão diretamente ligados ao CT em estudo: operação, liderança e supervisão de produção.

As respostas às seis perguntas do questionário são descritas a seguir:

##### 1) Quais suas considerações sobre o OEE?

O supervisor de produção responde:

O OEE traz informações primordiais para tomada de ações em relação ao que acontece na produção. Em termos de performance, o OEE mostra se as informações de apontamento da produção estão corretas e se isso reflete no *gap* que a linha de produção está tendo em relação à performance dos itens executados. O OEE informa também sobre a disponibilidade das máquinas existentes no processo. Ele apresenta as paradas e se a informação for fidedigna se consegue atuar de forma bem assertiva nas ações com as áreas de produção e com as demais áreas de apoio que precisam apoiar a produção no ganho de resultado. Além disso, o OEE contempla o processo de qualidade, de forma a verificar o quanto a linha de produção ou a máquina está entregando em termos de qualidade. A partir do OEE é possível ter informações básicas nesses três pilares que geram resultados positivos se

tiver análise de causa em cima dos principais problemas da linha de produção. O papel da liderança é informar a necessidade do OEE, mostrar para o colaborador os resultados que esse indicador pode trazer para linha de produção e conscientizar as pessoas da informação clara e correta com relação aos apontamentos dentro do diário de bordo da máquina. Essa é uma das atividades da liderança. Além disso, a atividade da liderança em relação ao indicador é fazer análise dos principais problemas de qualidade, dos principais problemas de parada ou das principais perdas de performance, para que se possa gerar um plano de ação robusto suficiente para melhorar o indicador e chegar perto do ideal. O meu papel é conscientizar os líderes sobre o uso dessas informações e fazer com que eles entendam que a informação bem utilizada pode gerar benefício, até mesmo uma redução dos trabalhos que surgem de uma hora para outra na linha. A boa utilização do OEE faz com que se aumente a estabilidade da linha, do processo e das atividades do líder de produção.

O líder de produção expõe:

O OEE seria a medição do equipamento de forma sistêmica englobando performance, disponibilidade e qualidade. Então para mim o OEE significa o quanto um determinado equipamento está entregando em termos peça com qualidade e o quanto se está efetivamente fazendo em comparação ao planejado. Basicamente isso. O operador de produção é responsável por coletar os dados e por isso ele deve ter entendimento da ferramenta para preencher o diário de bordo da forma mais correta possível. A coleta de dados manual não é a ideal. A gestão é responsável por analisar os dados e por dar suporte para os colaboradores no dia-a-dia. Além disso, durante a rotina, o papel da gestão é acompanhar o Quadro de Acompanhamento da Produção (QAP) e o diário de bordo constantemente, pois os dados contidos nessas ferramentas influenciam na performance. Por meio da confiança nesse dado é possível evoluir.

O operador de produção complementa: “O OEE é o principal indicador de medição de eficiência da máquina.”

2) Quais eram as expectativas antes de implementar o OEE no CT de solda circunferencial da linha?

O supervisor de produção responde:

As expectativas eram reduzir a perda de qualidade do processo na operação de solda circunferencial e reduzir as paradas existentes da máquina. Esses eram os principais motivadores para a implementação.

O líder de produção complementa:

Primeiramente, no meu ponto de vista, não se tinham dados tão precisos como se tem hoje analisando o OEE. Uma das expectativas com o desenvolvimento do OEE na linha era verificar o quanto a disponibilidade de máquina estava correta, pois ela estava sendo medida exclusivamente pela manutenção e, dessa forma, se tinha uma disponibilidade muito alta e isso não refletia na quantidade de peças produzidas. Então essa foi a maior expectativa. Primeiro conhecer o OEE, coletar os dados de forma correta e tomar as tratativas contando com o apoio de cada área.

O operador de produção conclui: “A expectativa principal era entender a disponibilidade da máquina.”

### 3) Quais foram os benefícios e resultados de ter implementado o OEE?

O supervisor de produção salienta:

A partir do momento que se começa a controlar de forma mais próxima o processo produtivo junto ao colaborador, ele se sente mais dentro do processo e nota que além do trabalho braçal que ele já entrega diariamente, a informação que ele alimenta no diário de bordo também é importante. Dessa forma, há uma aceleração de conhecimento do colaborador em relação aos problemas existentes da máquina. Os colaboradores trazem de forma mais assertiva as informações e conseguem tratar junto com o líder de produção ações com relação aos principais problemas existentes como qualidade e parada de máquina. A performance teve uma evolução, mas consigo evidenciar ainda mais a disponibilidade de máquina. A partir do momento que se começa a mensurar, a medir e a mostrar para as equipes de apoio que o trabalho deles está sendo medido de acordo com as paradas das máquinas se tem um aceleração das ações.

O líder de produção responde:

Um trabalho que desenvolvemos a partir do OEE foi verificar diariamente o Pareto das paradas. Por meio da coleta de dados, da análise do OEE e do Pareto ficou mais fácil movimentar as ações com as áreas de apoio. Além disso, apresentar os dados nas reuniões para minha equipe também tem gerado resultados, nesse momento nós analisamos as informações e “*startamos*” ações para nós e para as áreas de apoio. Nas terças-feiras nos reunimos com as áreas suporte (Manutenção e Engenharia de Solda, por exemplo) e já direcionamos as pendências para cada um dar tratativa. Além disso, quando falamos em reservatório de ar falamos em um item S/L (Segurança e Legislação) que precisa de um cuidado especial e os lotes de produção são grandes e não podemos correr o risco de mandar peça não conforme para o cliente pois o impacto é alto.

O operador de produção finaliza:

Na verdade, foram levantados vários problemas que existiam na máquina e a partir disso melhorias foram feitas para atendermos a demanda e a qualidade das peças. Além disso, no Gerenciamento Diário (GD) verificamos os gráficos e isso facilita a tomada de ação.

### 4) Quais as dificuldades encontradas na implementação do OEE?

O supervisor de produção diz:

Uma das dificuldades é a questão cultural. Temos que fomentar todos os dias a importância dos dados do diário de bordo para que os colaboradores entendam a importância da veracidade daquelas informações para, a partir daí, gerar o indicador de OEE. Então esse é o grande desafio. Além disso, a rotina de análise do OEE também é um ponto a ser melhorado. A partir da definição dela, o plano de ação se torna mais robusto com relação às paradas, as perdas de performance e os problemas de qualidade que existem dentro do processo. Por enquanto a coleta de dados é manual, o que também dificulta, mas se tem uma ideia prevista de um projeto de implementação de dados via tablet. Esse projeto deve logo ser concebido com a finalidade de ganhar velocidade na informação e de ganhar velocidade no fechamento dos indicadores e das principais paradas da linha de produção.

O líder de produção responde:

A dificuldade que enfrentamos no dia-a-dia é a veracidade dos dados. Dessa forma, todos os dias o desafio é mostrar para o operador o porquê ele tem que coletar e preencher um dado correto no diário de bordo. Depois de coletar

surge a análise; nesse ponto também é importante mostrar a informação para quem está na linha de frente, que é a minha equipe. No início ouvi a seguinte frase de um colaborador: “Estou há tanto tempo preenchendo isso e os problemas são os mesmos”. Dessa maneira, fica evidente a importância dos colaboradores estarem cientes de todas as ações e de participarem das reuniões com as áreas de apoio.

O operador de produção conclui:

Uma das maiores dificuldades era a precisão dos dados. É fácil inserir qualquer número no diário de bordo e depois envolver as áreas nas melhorias, por isso é necessário entender e ser responsável na coleta de dados.

5) Quais os desafios para manter e aprimorar o OEE?

O supervisor de produção responde:

Para manter e aprimorar o OEE é necessário estabilizar as rotinas de análise, melhorar a acuracidade dos dados e conscientizar os colaboradores quanto à importância do OEE.

O líder de produção salienta:

Hoje a coleta de dados é manual, com caneta e papel. É necessário automação para agilizar esse processo e melhorar a acuracidade desses dados. Quanto à retroalimentação dos dados, defini uma rotina com os operadores, diariamente às 15h45min eles me entregam as folhas das paradas. No dia seguinte pela manhã, a primeira coisa que faço é lançar os dados do OEE na planilha e no GD com a equipe e no GD com a supervisão apresento essas informações. Durante o lançamento dos dados, que dura em torno de 15 minutos, já verifico a performance, a disponibilidade de máquina e a qualidade.

O operador de produção diz:

A coleta de dados manual. Os colegas com mais tempo de serviço entendem melhor a importância da coleta pois já participaram de vários projetos *lean*; porém os mais novatos ficam mais resistentes. Muitos operadores não gostam de parar a máquina para estar anotando. Além disso, seria interessante o líder chamar cada um de nós individualmente e mostrar porque isso tem que ser feito, o que vai melhorar e quais podem ser os impactos positivos para cada um se comprometer com a ferramenta.

6) O que você gostaria de externar sobre a implementação do OEE?

O supervisor de produção responde: “O OEE é uma ferramenta primordial para conseguirmos mensurar os problemas e encontrar soluções para eles também ‘olhando’ para as oportunidades que se tem dentro do processo.”

O líder de produção salienta: “O resultado de um OEE melhor é fruto do trabalho de de todas as áreas.”

O operador de produção conclui: “Os pilares do OEE são performance, disponibilidade e qualidade.”

A fim de obter confiabilidade das respostas dos entrevistados, durante a pesquisa foi observado o comportamento do operador principalmente durante a coleta

de dados por meio do diário de bordo e foram realizadas reuniões informais com a liderança e com a supervisão de produção. Nessas reuniões foram abordados assuntos relacionados à implementação do OEE e à importância desse indicador.

## 5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise dos resultados foi baseada na avaliação dos dados do OEE e nas entrevistas semiestruturadas realizadas com os três níveis que estão diretamente ligados à linha de produção em estudo: operação, liderança e supervisão de produção. Além disso, a análise apresenta um comparativo entre os resultados da presente pesquisa com a literatura. Dessa forma, foi possível estabelecer os *gaps* e desafios encontrados na implementação do *Overall Equipment Effectiveness*.

Os resultados da implementação do OEE mostraram que a **coleta de dados manual foi falha**, o que também foi relatado durante as entrevistas semiestruturadas. A falta de acuracidade nas informações de parada de máquina e de peças retrabalhadas coletadas a partir do diário de bordo pode acarretar tomadas de decisões errôneas. A coleta de dados em questão engloba não somente o diário de bordo, como também a retroalimentação dos dados do diário em uma planilha em Excel, pois durante essa etapa pode ocorrer algum erro de digitação e consequente erro de análise.

Esse *gap* mostra que a coleta de dados manual foi um dos desafios encontrados na implementação do OEE. Essa constatação é convergente com o estudo de Hansen (2006), que trata a boa coleta de dados como a chave requerida para o completo sucesso da estratégia do OEE. Ljungberg (1998) também salienta que quando coletados e registrados manualmente em formulários pelos operadores, a coleta dos dados utilizados nos cálculos de eficiência é de acuracidade duvidosa.

Esse *gap* pode impactar em tomadas de decisão baseadas em informações distorcidas, podendo causar efeito nocivo à empresa. Portanto, é ressaltada aqui a importância do período de “pré-implementação” do OEE, ou seja, antes de partir para resolução de problemas com base nos resultados do OEE, é necessário estabelecer uma maturidade na coleta de dados, seja ela manual ou automática.

A linha dos reservatórios de ar foi a linha piloto na área de solda no processo de implementação do OEE, o que gerou uma barreira inicial quanto à coleta de dados e quanto às rotinas de análise desse indicador. Além da percepção durante a pesquisa, isso pôde ser evidenciado durante a entrevista com o operador de produção, o qual ressaltou que: “os colegas mais novos são mais resistentes quanto à coleta de dados, pois não gostam de parar a máquina para estar anotando.” Saurin *et. al.* (2010) ressaltam que essa resistência das pessoas às mudanças é uma das

barreiras para implementação da cultura *lean*. De forma mais ampla, essas questões foram tratadas na presente pesquisa como um **desafio cultural**. A criação de uma cultura enxuta é um dos maiores desafios à espera dos potenciais implementadores enxutos, uma vez que um grau considerável de habilidades de aprendizagem organizacional é necessário (RYMASZEWSKA, 2014).

Outro desafio evidenciado durante a implementação do OEE e durante as entrevistas semiestruturadas foi **a falha no entendimento dos colaboradores quanto à importância do OEE**. Esse *gap* pôde ser evidenciado de forma clara na entrevista com o operador da linha de produção em estudo, que disse: “seria interessante o líder chamar cada um de nós individualmente e mostrar porque isso tem que ser feito, o que vai melhorar e quais podem ser os impactos positivos para cada um se comprometer com a ferramenta”. Essa falha no entendimento dos benefícios e da importância do OEE afeta na acuracidade dos dados e no engajamento dos colaboradores quanto à colaboração com a ferramenta de desempenho das máquinas. Esse *gap* coincide com ACHANGA *et. al.* (2016), que destaca que uma das limitações para implementação de ferramentas *lean* é o ceticismo sobre os benefícios do sistema enxuto para os negócios. Além disso, o treinamento de conscientização e uma definição clara do papel dos operadores são alguns dos fatores que a organização precisará desenvolver antes da implementação para o sucesso do OEE (AMINUDDIN *et. al.* 2015).

Durante o processo inicial de implementação do OEE e durante as entrevistas semiestruturadas, pôde ser evidenciado que a **falha na solidificação de outras ferramentas de melhorias de processo na linha de produção** também foi uma barreira para a implementação do OEE. Isso porque o ambiente apresentava-se desgastado em relação a novos passos em direção ao *lean* devido ao insucesso de implementações de outras ferramentas. Em concordância com a literatura, Saurin *et. al.* (2010) destacam que o insucesso de iniciativas passadas é uma das dificuldades relacionadas à implantação de ferramentas enxutas nas empresas.

O apoio da alta administração não foi abordado como um desafio pois entendeu-se que havia, por parte da organização, expectativas para a implementação do TPM. Porém, no momento da presente pesquisa, a organização encontrava-se revisando as metodologias e rotinas de produção enxuta, que seriam passos anteriores ao TPM e à implementação do OEE.

Além disso, por meio da análise gráfica dos resultados do OEE, pode-se

observar que o OEE aumentou em 10 pontos percentuais do primeiro mês de implementação para o último. O Índice de Disponibilidade Operacional (IDO) teve uma redução de 8 pontos percentuais, de 97% para 89%, a Performance teve um aumento de 14 pontos percentuais, de 32% para 42% e a Qualidade não teve variação entre o primeiro e o último mês de análise, mantendo-se em 99%.

Ademais, os resultados sugerem que os principais benefícios da implementação do OEE na célula de solda em estudo foram a aceleração de conhecimento dos colaboradores em relação aos problemas existentes da máquina, a construção de um histórico de dados em relação às paradas de máquina e a agilidade das áreas de apoio a partir da mensuração das paradas.

O Quadro 2 apresenta os principais desafios encontrados durante a implementação do OEE em uma célula de solda MIG/MAG numa indústria metalmeccânica.

Quadro 2 - Resumo da análise

<b>Desafios</b>	<b>Implementação do OEE</b>	<b>Entrevistas semiestruturadas</b>	<b>Literatura</b>
<b>1. Falta de acuracidade dos dados</b>	A coleta de dados foi falha no que tange ao diário de bordo e a retroalimentação das informações na planilha em Excel. Isso pôde ser evidenciado de forma clara no Pareto das paradas de produção.	Relato do líder de produção: “Hoje a coleta de dados é manual, com caneta e papel. É necessário automação para agilizar esse processo e melhorar a acuracidade desses dados.”	Hansen (2006) trata a boa coleta de dados como a chave requerida para o completo sucesso da estratégia do OEE. Ljungberg (1998) também salienta que quando coletados e registrados manualmente em formulários pelos operadores, a coleta dos dados utilizados nos cálculos de eficiência é de acuracidade duvidosa.
<b>2. Barreira</b>	Essa barreira foi	Relato do supervisor de	A criação de uma

<b>cultural</b>	percebida durante a abordagem inicial na linha de produção e durante o preenchimento do diário de bordo pelos operadores.	produção: “Uma das dificuldades é a questão cultural. Temos que fomentar todos os dias a importância dos dados do diário de bordo para que os colaboradores entendam a importância da veracidade daquelas informações para, a partir daí, gerar o indicador de OEE. Então esse é o grande desafio.”	cultura enxuta é um dos maiores desafios à espera dos potenciais implementadores enxutos, uma vez que um grau considerável de habilidades de aprendizagem organizacional é necessário (RYMASZEWSKA, 2014).
<b>3. Falha no entendimento dos colaboradores quanto à importância do OEE</b>	Essa falha no entendimento dos benefícios e da importância do OEE afetou na falta de acuracidade dos dados e no engajamento dos colaboradores quanto à colaboração com a ferramenta de desempenho das máquinas.	Relato do operador: “Seria interessante o líder chamar cada um de nós individualmente e mostrar porque isso tem que ser feito, o que vai melhorar e quais podem ser os impactos positivos para cada um se comprometer com a ferramenta.”	ACHANGA et. al. (2016) destaca que uma das limitações para implementação de ferramentas <i>lean</i> é o ceticismo sobre os benefícios do sistema enxuto para os negócios. Além disso, o treinamento de conscientização e uma definição clara do papel dos operadores são alguns dos fatores que a organização precisará desenvolver antes da implementação para o sucesso do OEE (AMINUDDIN et. al. 2015).
<b>4. Falha na solidificação de</b>	Ambiente desgastado em relação a novos	Relato do líder de produção:	Saurin et al. (2010) destaca que o

<b>outras ferramentas de melhorias de processo na linha de produção</b>	passos em direção ao <i>lean</i> .	“No início ouvi a seguinte frase de um colaborador: ‘Estou há tanto tempo preenchendo isso e os problemas são os mesmos’.”	insucesso de iniciativas passadas é uma das dificuldades relacionadas à implantação de ferramentas enxutas nas empresas.
---	------------------------------------	--	--

## 6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho apresentou os desafios encontrados durante a implementação do OEE numa célula de solda MIG/MAG numa indústria metalmeccânica. Sendo assim, foi alcançado o objetivo geral desta pesquisa. Para tanto, foram estabelecidos quatro objetivos específicos.

Atendendo ao primeiro objetivo, os colaboradores compreenderam a utilização e a importância do indicador OEE. A partir do entendimento dos colaboradores quanto à ferramenta, o OEE foi implementado no CT de solda em estudo e pôde ser calculado de forma a atender ao segundo objetivo

O terceiro objetivo deste trabalho era obter dados qualitativos a partir de entrevistas semiestruturadas com os três níveis da organização que estão diretamente ligados ao CT de solda em estudo. Após a conclusão desse objetivo, foi possível identificar e apresentar os desafios encontrados na implementação do OEE.

As descobertas apresentadas neste documento trazem informações consideráveis para auxiliar demais empresas e pesquisadores que tem o objetivo de utilizar o OEE como métrica operacional. Conforme evidenciado no Quadro 2, o documento enfatiza a falta de acuracidade dos dados, a barreira cultural, a falha no entendimento dos colaboradores quanto à importância do OEE e a falha na solidificação de outras ferramentas de melhorias de processo como os desafios potenciais encontrados durante o processo de adoção do indicador OEE.

A validade dos resultados pode ser melhorada pela adição de mais estudos em torno da implementação do OEE para determinar se os desafios delineados na presente pesquisa podem ser generalizados. No entanto, o estudo fornece uma visão significativa dos desafios encontrados nos estágios iniciais de implementação do OEE, enquanto abre as oportunidades para pesquisas adicionais nos estágios seguintes.

Nesse sentido, como sugestões para desdobramentos futuros desta pesquisa, destacam-se:

- i. Obter maturidade ou estabilizar cada um dos passos da implementação do OEE antes de partir para o próximo;
- ii. Acompanhamento efetivo e de longo prazo da liderança no processo de implementação do OEE;
- iii. Estudo sobre implantação de método de coleta automática de dados,

possibilitando vantagens quanto à acuracidade dos dados coletados, tanto em relação ao diário de bordo quanto em relação à retroalimentação de dados na planilha em Excel;

- iv. Avaliação da implementação do OEE em mais CT's da linha de produção em estudo e/ou avaliação da implementação do OEE em outras linhas de produção da fábrica, a fim de obter uma amostra maior de desafios.

## 7 REFERÊNCIAS

### 7.1 REFERÊNCIAS NOMINAIS

ACHANGA, Pius *et. al.* Critical success factors for lean implementation within SMEs. **Journal of Manufacturing Technology Management**. Percentil Scopus: 88%, 17(4), 460–471, 2006

ALHURAISH, Ibrahim; ROBLEDO, Christian; KOBI, Abdessamad. A comparative exploration of lean manufacturing and six sigma in terms of their critical success factors. **Journal of Cleaner Production**. Percentil Scopus: 98%, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.06.146, 2017.

AMINUDDIN, Nur *et. al.* An analysis of managerial factors affecting the implementation and use of overall equipment effectiveness. **International Journal of Production Research**. Percentil Scopus: 98%, <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2015.1055849>, 2015

ANDERSSON, C.; BELLGRAN, M. On the complexity of using performance measures: Enhancing sustained production improvement capability by combining OEE and productivity. **Journal of Manufacturing Systems**. Percentil Scopus: 96%, v. 35, p. 144 – 154, 2015.

ANVARI, Farhad; EDWARDS, Rodger; STARR, Andrew. Performance measurement based on a total quality approach. **International Journal of Productivity and Performance Management**. 60 (5), p. 512 – 528, 2011.

ANVARI, Farhad; EDWARDS, Rodger. Evaluation of overall equipment effectiveness based on market. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**. Percentil Scopus: 58%, v. 16, p. 256 – 270, 2011.

BELLGRAN, M.; SÄFSTEN, E. K. *Production Development: Design and Operation of Production Systems*. XVIII, p. 37-47, Springer, 2010.

BHASIN, Sanjay; BURCHER, Peter. Lean viewed as a philosophy. **Journal of Manufacturing Technology Management**. Percentil Scopus: 88%, v. 17, p. 56 – 72, 2006.

BORTOLOTTI, Thomas; BOSCARI, Stefania; DANESE, Pamela. Successful lean implementation: organizational culture and soft lean practices. **International Journal of Production Economics**. Percentil Scopus: 98%, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.10.013>, 2014.

CARRIJO, José; LIMA, Carlos. A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, 2008.

CHAN, FTS *et. al.* Implementation of total productive maintenance: A case study. **International Journal of Production Economics**. Percentil Scopus: 98%, v. 95, p. 71-94, 2005.

CHAVEZ, Roberto *et. al.* Internal lean practices and performance: The role of technological turbulence. **International Journal of Production Economics**. Percentil Scopus: 98%, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.10.005>, 2014.

CRESWELL, John. Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto. 2ª edição. 126 p. Porto Alegre: Artmed, 2007.

DIESTE, Marcos *et. al.* The relationship between lean and environmental performance: practices and measures. **Journal of Cleaner Production**. Percentil Scopus: 98%, v. 224, p. 120 – 131, 2019.

FONSECA, J. J. S. Apostila de Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC, 2002.

FORTES, Cleber; ARAÚJO, Welerson. Apostila de Metalurgia da Soldagem. 48 p. 2005.

GAMBERINI, Rita *et. al.* On the analysis of effectiveness in a manufacturing cell: a critical implementation of existing approaches. **Procedia Manufacturing**. Percentil Scopus: 56%, v. 11, p. 1882 – 1891, 2017.

GERHARDT, Tatiana; SILVEIRA, Denise. Métodos de pesquisa. 1ª edição. 120 p. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4ª edição. 57 p. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, Leonardo. **Avaliação das contribuições das técnicas do Sistema Toyota de Produção para os objetivos estratégicos das empresas**. 2001. 132 p. Gerência da Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre. Dissertação de mestrado.

GOSHIME, Yichalewal; KITAW, Daniel; JILCHA, Kassu. Lean manufacturing as a vehicle for improving productivity and customer satisfaction: a literature review on metals and engineering industries. **International Journal of Lean Six Sigma**. Percentil Scopus: 84%, <https://doi.org/10.1108/IJLSS-06-2017-0063>, 2018.

HANSEN, Robert. **Eficiência Global dos Equipamentos: uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros**. 1ª edição. 264 p. Bookman, 2006.

JEONG, Ki-Young; PHILLIPS, Don. Operational efficiency and effectiveness measurement. **International Journal of Operations & Production Management**. Percentil Scopus: 82%, v. 21, p. 1404 – 1416, 2001.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. Manutenção – Função estratégica. 4ª edição. 440 p. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013.

LIKER, Jeffrey; ROTHER, Mike. O Modelo Toyota de Melhoria Contínua. 1ª edição. 480 p. Bookman, 2012.

LJUNGBERG, Örjan. Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities. **Journal of Operations & Production Management**. Percentil Scopus: 82%, v. 18, p. 495 – 507, 1998.

MARODIN, Giuliano *et. al.* Lean product development and lean manufacturing: testing moderation effects. **International Journal of Production Economics**. Percentil Scopus: 98%, 203, p. 301 – 310, 2018.

MARTINS, Nogueira; BÓGUS, C. M. Considerações sobre a metodologia qualitativa como recurso para o estudo das ações de humanização em saúde. *Saúde e Sociedade*, 13 (3), 44-57, 2004.

MELO, Fábio; LOOS, Maurício. Analysis of the methodology of Total Productive Maintenance (TPM): Case study. **Revista Espacios**. v. 39, p. 13, 2018.

MUCHIRI, P.; PINTELON, L. Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion. **International Journal of Production Research**. Percentil Scopus: 94%, v. 46, p. 3517 – 3535, 2008.

NAKAJIMA, Seiichi. Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989.

OHNO, Taiichi. O Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala. 5ª edição. 150 p. Porto Alegre: Bookman, 1997.

RIBEIRO, Haroldo. Manutenção Produtiva Total: A bíblia do TPM. 1ª edição. 592 p., Viena, 2014.

RODA, Irene; MACCHI, Marco. Factory-level performance evaluation of buffered multi-state production systems. **Journal of Manufacturing Engineering**. Percentil Scopus: 96%, v. 50, p. 226 – 235, 2019.

RYMASZEWSKA, Dorota A. The challenges of lean manufacturing implementation in

SMEs. **Benchmarking: An International Journal**. Impact factor: 2.60, 21 (6), 987–1002, 2014.

SARI, Mahsa; DARESTANI, Soroush. Fuzzy overall equipment effectiveness and line performance measurement using artificial neural network. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**. Percentil Scopus: 58%, <https://doi.org/10.1108/JQME-12-2017-0085>, 2019.

SAURIN, T. A.; RIBEIRO, J. L. D.; MARODIN, G. A. Identificação de oportunidades de pesquisa a partir de um levantamento da implantação da produção enxuta em empresas do Brasil e do exterior. **Gestão da Produção**, v.17, n.4, p. 829-841, 2010.

SHIROSE, K. **TPM for Workshop Leaders, Productivity Press**. Portland: OR, 1992.

SUÁREZ, Gregório. Sistema Toyota de Produção em 3 lições: 1. ORIGENS E PRINCÍPIOS. 2018. Disponível em :<<https://www.linkedin.com/pulse/sistema-toyota-de-produ%C3%A7%C3%A3o-em-3-li%C3%A7%C3%B5es-origens-e-greg%C3%B3rio-suarez/?originalSubdomain=pt>>. Acesso em: 26 de setembro de 2020.

TANG, He. A new method of bottleneck analysis for manufacturing systems. **Manufacturing Letters**. Percentil Scopus: 82%, v. 19, p. 21 – 24, 2019.

TELLES, Pedro C. da Silva. Vasos de Pressão. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora – 2ª edição Rio de Janeiro, 1996.

VALDOMIRO, José; PAULISTA, Paulo. Aplicação da metodologia TPM/OEE em processo de estampagem: um estudo de caso para melhoria da eficiência em uma prensa mecânica. XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Joinville, 2017.

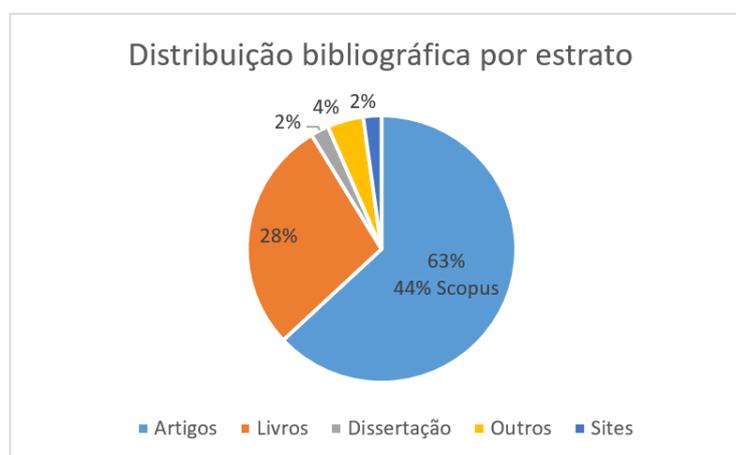
WAKIRU, James *et. al.* Integrated maintenance policies for performance improvement of a multi-unit repairable, one product manufacturing system. **Production Planning & Control**. Percentil Scopus: 92%, 1 – 21, 2020.

WOHLERS, Benedict *et. al.* Monitoring and control of production processes based on key performance indicators for mechatronic systems. **International Journal of Production Economics**. Percentil Scopus: 98%, <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.07.025>, 2019.

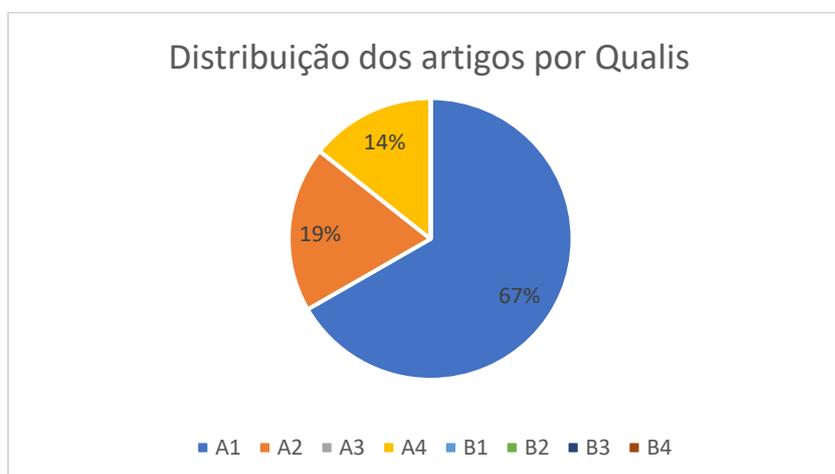
WOMACK, James; JONES, Daniel; ROOS, Daniel. A máquina que mudou o mundo. 1ª edição. 178 p., Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

ZHU, Xiaoping. Analysis and improvement of enterprise's equipment effectiveness based on OEE. 2011 International Conference on Electronics, Communications and Control (ICECC), Ningbo, 2011, p. 4167-4171.

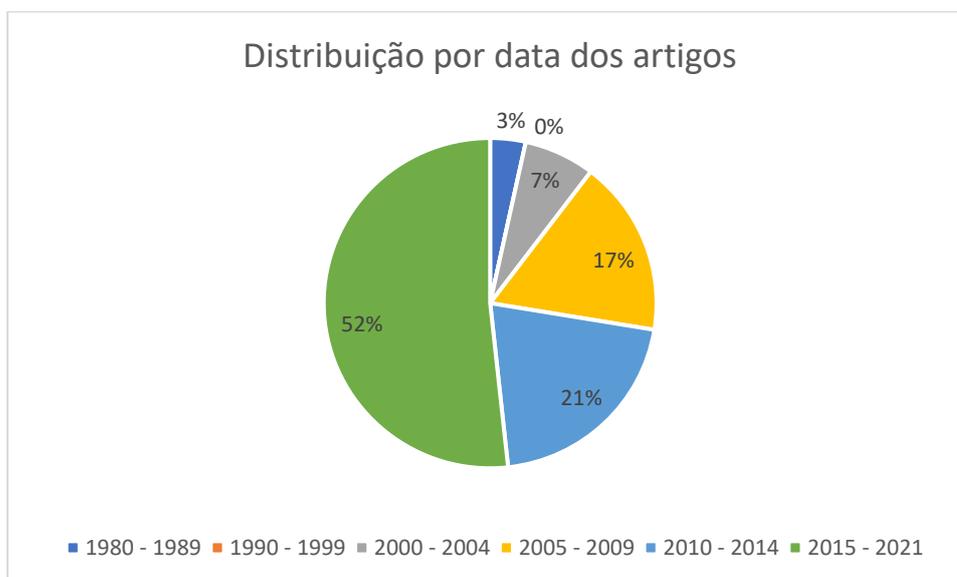
## 7.2 REFERÊNCIAS POR ESTRATO



## 7.3 REFERÊNCIAS POR QUALIS



#### 7.4 REFERÊNCIAS POR DATA DOS ARTIGOS



## APÊNDICE A – PARADAS DE MÁQUINA E ÍNDICE DE DISPONIBILIDADE OPERACIONAL (IDO)

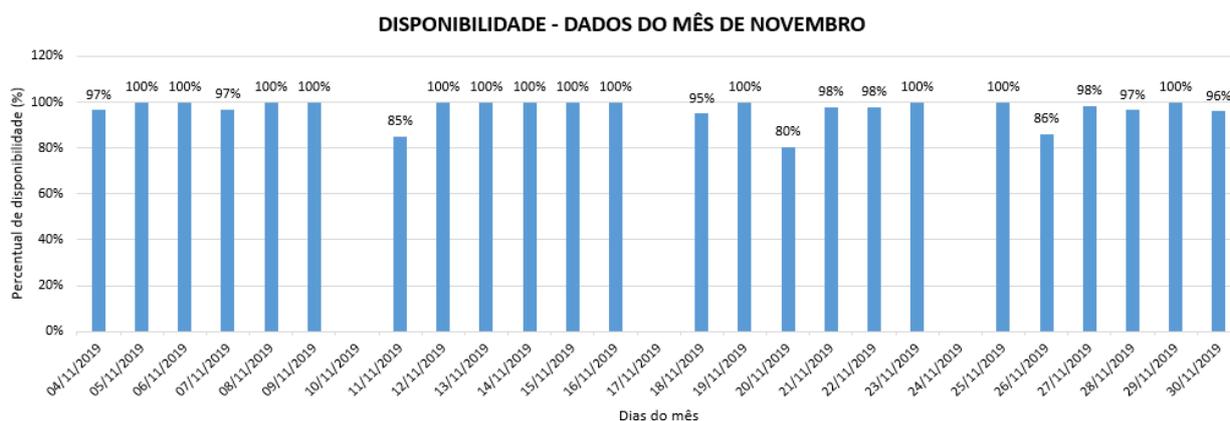
Nas tabelas a seguir são evidenciadas as causas das paradas da máquina de solda circunferencial durante os sete meses de coleta e o tempo de cada uma delas. Esses dados, assim como o dado de tempo disponível, foram utilizados para o cálculo do Índice de Disponibilidade Operacional (IDO).

- Paradas relacionadas ao mês de novembro

Data	Descrição da parada	Início da parada	Fim da parada	Tempo de parada (min)
04/11/2019	Treinamento/Reunião/GD	17:35	18:20	45
07/11/2019	Treinamento/Reunião/GD	15:48	16:30	42
11/11/2019	Manutenção Corretiva	15:48	16:15	27
11/11/2019	Manutenção Corretiva	07:20	08:55	95
11/11/2019	Treinamento/Reunião/GD	06:00	07:10	70
18/11/2019	Troca de consumível/Arame/Bico	03:00	03:10	10
18/11/2019	Setup	06:00	06:15	15
18/11/2019	Manutenção Corretiva	06:20	07:00	40
20/11/2019	Manutenção Corretiva	15:48	20:00	252
21/11/2019	Manutenção Corretiva	00:35	01:05	30
22/11/2019	Setup	04:50	05:05	15
22/11/2019	Setup	05:05	05:20	15
26/11/2019	Manutenção Corretiva	01:50	03:20	90
26/11/2019	Manutenção Corretiva	01:50	03:20	90
27/11/2019	Retrabalho	12:50	13:12	22
28/11/2019	Treinamento/Reunião/GD	08:00	08:45	45
30/11/2019	Falta de matéria-prima	03:25	03:50	25
30/11/2019	Falta de matéria-prima	03:26	03:51	25

(Fonte: Acervo da empresa)

- Disponibilidade relacionada ao mês de novembro



(Fonte: Acervo da empresa)

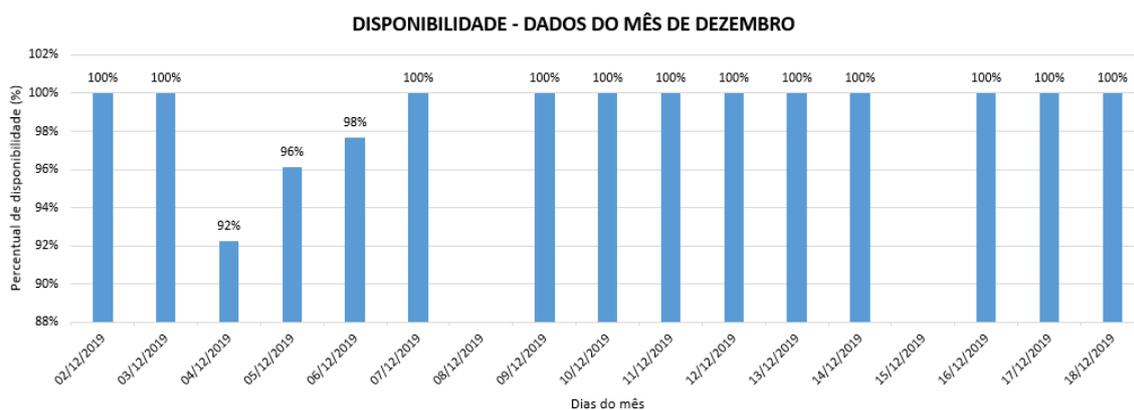
Não houve produção nos dias 2, 3, 10, 17 e 24 de novembro (sábados ou domingos).

- Paradas relacionadas ao mês de dezembro

Data	Descrição da parada	Início da parada	Fim da parada	Tempo de parada (min)
04/12/2019	Setup	02:20	03:10	50
04/12/2019	Setup	02:23	03:13	50
05/12/2019	Setup	01:25	01:45	20
05/12/2019	Setup	01:30	02:00	30
06/12/2019	Setup	02:20	02:35	15
06/12/2019	Setup	02:35	02:50	15

(Fonte: Acervo da empresa)

- Disponibilidade relacionada ao mês de dezembro



(Fonte: Acervo da empresa)

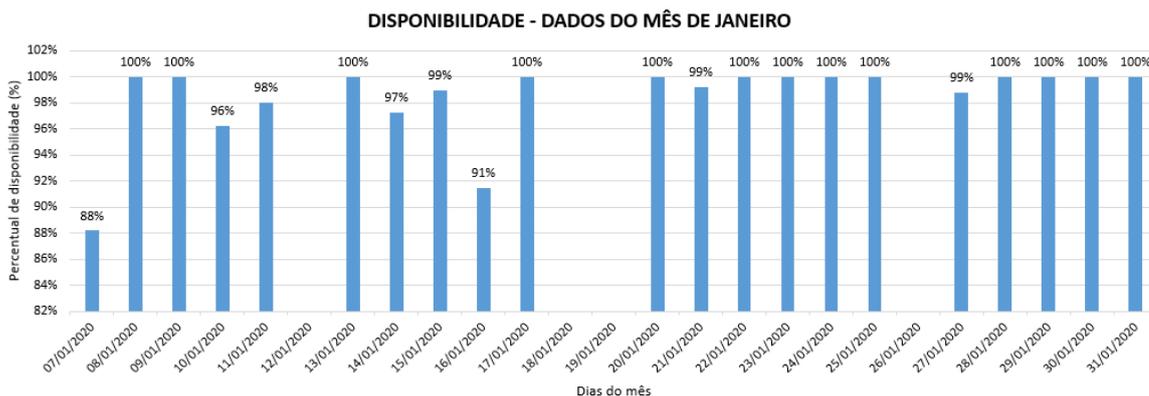
Não houve produção nos dias 1, 8 e 15 (domingos). Além disso, a partir do dia 18 de dezembro até o dia 6 de janeiro a linha encontrava-se em férias coletivas.

- Paradas relacionadas ao mês de janeiro

Data	Descrição da parada	Início da parada	Fim da parada	Tempo de parada (min)
04/01/2020	Manutenção Corretiva	03:40	04:17	37
07/01/2020	Manutenção Corretiva	15:48	18:20	152
10/01/2020	Manutenção Corretiva	04:40	05:28	48
11/01/2020	Troca de consumível/Arame/Bico	03:20	03:45	25
14/01/2020	Retrabalho	09:20	09:55	35
15/01/2020	Troca de consumível/Arame/Bico	09:35	09:48	13
16/01/2020	Retrabalho	09:40	10:00	20
16/01/2020	Retrabalho	10:40	11:00	20
16/01/2020	Retrabalho	11:40	12:00	20
16/01/2020	Retrabalho	12:50	13:40	50
21/01/2020	Troca de consumível/Arame/Bico	17:20	17:30	10
27/01/2020	Troca de consumível/Arame/Bico	23:45	00:00	15

(Fonte: Acervo da empresa)

- Disponibilidade relacionada ao mês de janeiro



(Fonte: Acervo da empresa)

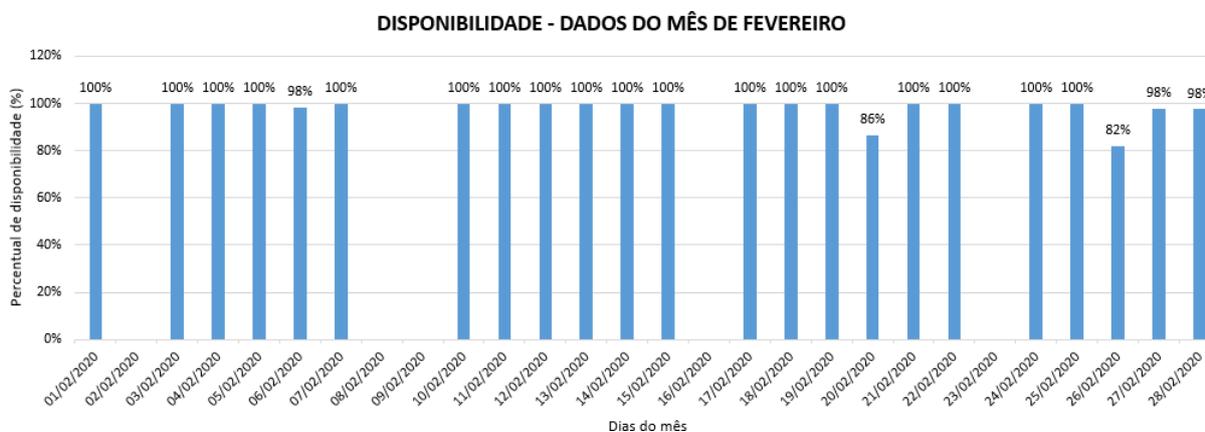
Até o dia 6 de janeiro a linha encontrava-se em férias coletivas. Não houve produção nos dias 12, 18, 19 e 26 (sábados ou domingos).

- Paradas relacionadas ao mês de fevereiro

Data	Descrição da parada	Início da parada	Fim da parada	Tempo de parada (min)
06/02/2020	Manutenção Corretiva	22:00	22:20	20
20/02/2020	Manutenção Autônoma	03:10	04:00	50
20/02/2020	Retrabalho	04:05	04:50	45
20/02/2020	Manutenção Corretiva	17:30	18:50	80
26/02/2020	Setup	16:00	16:10	10
26/02/2020	Setup	16:10	16:20	10
26/02/2020	Aguardando operação	06:20	06:35	15
26/02/2020	Aguardando operação	06:45	07:00	15
26/02/2020	Retrabalho	07:06	08:00	54
26/02/2020	Aguardando operação	09:30	09:48	18
26/02/2020	Aguardando operação	10:36	11:00	24
26/02/2020	Erro operacional	12:15	12:39	24
26/02/2020	Erro operacional	13:00	13:32	32
26/02/2020	Erro operacional	14:25	14:54	29
27/02/2020	Retrabalho	14:15	14:45	30
28/02/2020	Retrabalho	03:10	03:35	25
28/02/2020	Setup	03:35	03:42	7

(Fonte: Acervo da empresa)

- Disponibilidade relacionada ao mês de fevereiro



(Fonte: Acervo da empresa)

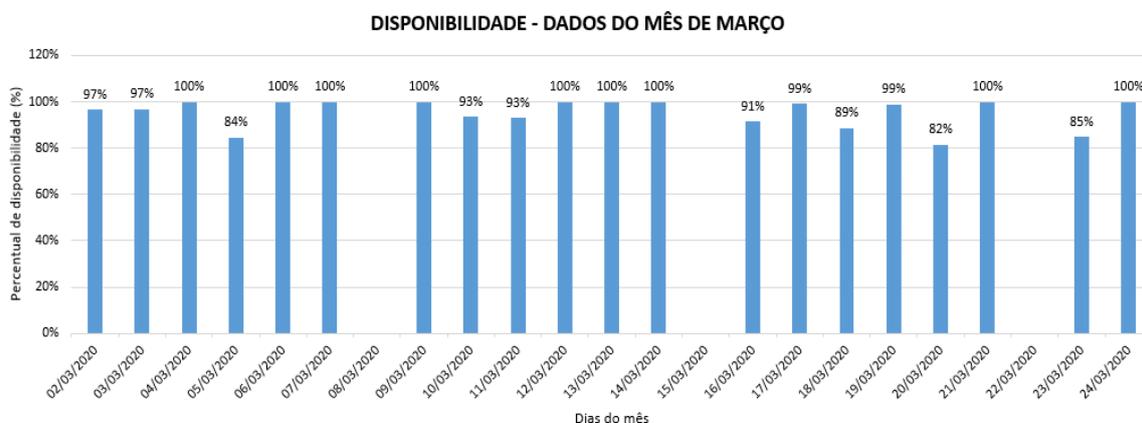
Não houve produção nos dias 2, 8, 9, 16 e 23 e 29 (sábados ou domingos).

- Paradas relacionadas ao mês de março

Data	Descrição da parada	Início da parada	Fim da parada	Tempo de parada (min)
02/03/2020	Falta de matéria-prima	21:10	21:30	20
02/03/2020	Falta de matéria-prima	21:30	21:54	24
03/03/2020	Falta de mão-de-obra	01:32	02:00	28
03/03/2020	Troca de consumível/Arame/Bico	13:30	13:45	15
05/03/2020	Aguardando operação	06:20	06:45	25
05/03/2020	Esteira cheia	09:00	09:50	50
05/03/2020	Treinamento/Reunião/GD	10:00	11:00	60
05/03/2020	Retrabalho	12:40	13:10	30
05/03/2020	Retrabalho	13:10	13:25	15
05/03/2020	Aguardando operação	15:00	15:21	21
10/03/2020	Manutenção Corretiva	06:30	06:50	20
10/03/2020	Manutenção Corretiva	07:00	07:10	10
10/03/2020	Setup	10:30	11:00	30
10/03/2020	Manutenção Corretiva	12:00	12:25	25
11/03/2020	Aguardando operação	06:20	06:45	25
11/03/2020	Setup	09:00	09:15	15
11/03/2020	Aguardando operação	12:30	12:50	20
11/03/2020	Retrabalho	14:00	14:30	30
16/03/2020	Setup	06:20	07:00	40
16/03/2020	Retrabalho	09:20	10:30	70
17/03/2020	Setup	07:20	07:31	11
18/03/2020	Erro operacional	13:50	14:15	25
18/03/2020	Manutenção Corretiva	08:30	09:20	50
18/03/2020	Retrabalho	10:00	10:45	45
18/03/2020	Manutenção Corretiva	14:00	14:25	25
19/03/2020	Manutenção Autônoma	06:12	06:15	3
19/03/2020	Setup	06:15	06:25	10
20/03/2020	Manutenção Corretiva	01:20	01:35	15
20/03/2020	Manutenção Corretiva	01:50	02:03	13
20/03/2020	Lanche/Café	06:00	06:15	15
20/03/2020	Aguardando operação	06:15	08:45	150
20/03/2020	Manutenção Corretiva	09:00	09:40	40
20/03/2020	Setup	02:10	02:15	5
23/03/2020	Lanche/Café	06:00	06:15	15
23/03/2020	Aguardando operação	06:15	06:50	35
23/03/2020	Aguardando operação	09:00	09:50	50
23/03/2020	Setup	12:30	13:30	60
23/03/2020	Setup	13:30	14:07	37

(Fonte: Acervo da empresa)

- Disponibilidade relacionada ao mês de março



(Fonte: Acervo da empresa)

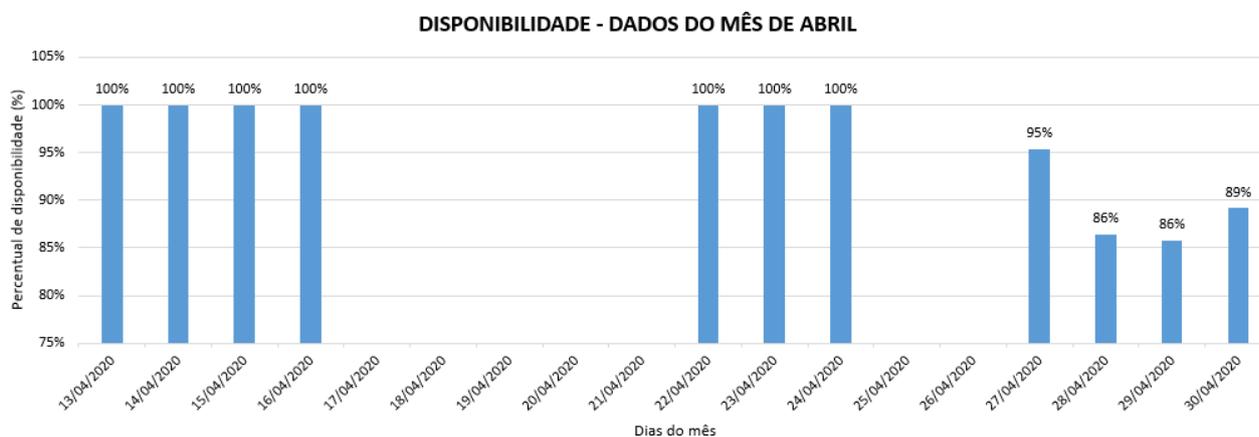
- Paradas relacionadas ao mês de abril

Data	Descrição da parada	Início da parada	Fim da parada	Tempo de parada (min)
27/04/2020	Treinamento/Reunião/GD	16:00	16:15	15
27/04/2020	Troca de consumível/Arame/Bico	10:18	10:30	12
27/04/2020	Retrabalho	13:58	14:19	21
27/04/2020	Setup	14:20	14:32	12
28/04/2020	Esteira cheia	16:00	16:30	30
28/04/2020	Lanche/Café	06:00	06:15	15
28/04/2020	Treinamento/Reunião/GD	06:15	07:10	55
28/04/2020	Aguardando operação	07:10	07:35	25
28/04/2020	Setup	13:00	13:20	20
28/04/2020	Aguardando operação	13:20	13:50	30
29/04/2020	Lanche/Café	06:00	06:15	15
29/04/2020	Treinamento/Reunião/GD	06:15	06:25	10
29/04/2020	Aguardando operação	06:30	06:40	10
29/04/2020	Aguardando operação	07:20	07:30	10
29/04/2020	Aguardando operação	08:30	08:40	10
29/04/2020	Aguardando operação	10:20	10:30	10
29/04/2020	Aguardando operação	13:30	14:00	30
29/04/2020	Setup	14:20	14:40	20
29/04/2020	Aguardando operação	14:40	15:48	68
30/04/2020	Correção de cordão de solda	06:40	06:45	5
30/04/2020	Retrabalho	07:35	07:45	10
30/04/2020	Setup	09:20	09:35	15
30/04/2020	Aguardando operação	09:35	10:30	55
30/04/2020	Aguardando operação	10:30	11:00	30
30/04/2020	Aguardando operação	12:00	12:20	20
30/04/2020	Aguardando operação	13:42	13:47	5

(Fonte: Acervo da empresa)

Não houve produção nos dias 1, 8, 19 e 22 (sábados ou domingos). A partir do dia 24 de março até 13 de abril a empresa esteve de férias em função da pandemia.

- Disponibilidade relacionada ao mês de abril



(Fonte: Acervo da empresa)

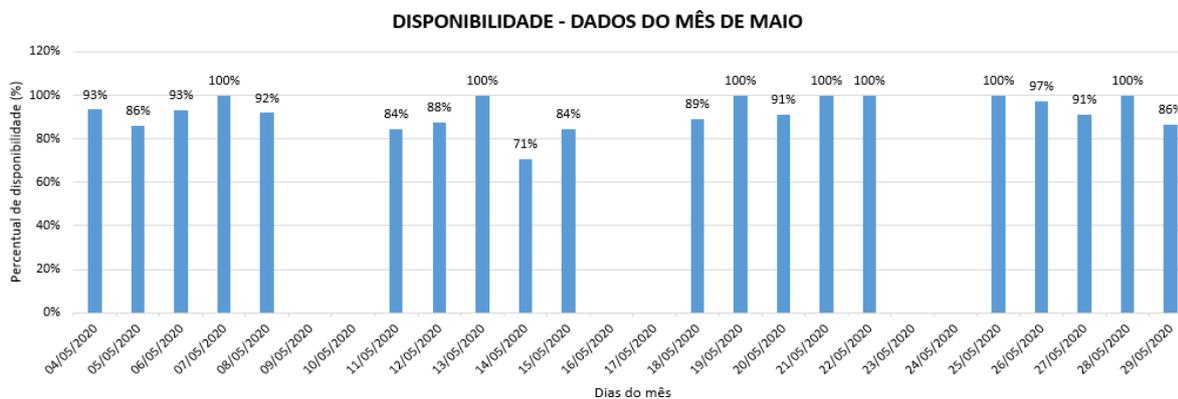
Não houve produção no período de 17 até 21 de abril e nos dias 25 e 26 (sábado e domingo).

- Paradas relacionadas ao mês de maio

Data	Descrição da parada	Início da parada	Fim da parada	Tempo de parada (min)
04/05/2020	Aguardando operação	06:00	06:30	30
04/05/2020	Aguardando operação	06:30	06:50	20
04/05/2020	Setup	08:20	08:35	15
04/05/2020	Aguardando operação	13:40	14:00	20
05/05/2020	Aguardando operação	06:20	06:40	20
05/05/2020	Aguardando operação	08:40	09:10	30
05/05/2020	Setup	09:30	10:00	30
05/05/2020	Aguardando operação	10:00	10:30	30
05/05/2020	Aguardando operação	12:00	12:40	40
05/05/2020	Falta de matéria-prima	15:00	15:30	30
06/05/2020	Aguardando operação	06:15	06:25	10
06/05/2020	Retrabalho	14:20	15:00	40
06/05/2020	Setup	15:00	15:36	36
08/05/2020	Aguardando operação	06:00	06:50	50
08/05/2020	Aguardando operação	07:00	07:10	10
08/05/2020	Aguardando operação	08:20	08:30	10
08/05/2020	Aguardando operação	09:15	09:25	10
08/05/2020	Retrabalho	12:10	12:30	20
08/05/2020	Troca de consumível/Arame/Bico	15:10	15:15	5
11/05/2020	Setup	06:10	06:30	20
11/05/2020	Falta de matéria-prima	06:30	08:15	105
11/05/2020	Aguardando operação	18:15	19:30	75
12/05/2020	Manutenção Preventiva	06:22	06:35	13
12/05/2020	Setup	07:00	07:10	10
12/05/2020	Aguardando operação	07:10	07:40	30
12/05/2020	Setup	12:40	13:00	20
12/05/2020	Retrabalho	13:00	14:00	60
12/05/2020	Aguardando Operação	16:00	16:25	25
14/05/2020	Treinamento/Reunião/GD	06:00	06:50	50
14/05/2020	Aguardando operação	06:50	07:15	25
14/05/2020	Manutenção Corretiva	08:00	11:00	180
14/05/2020	Correção de cordão de solda	12:00	12:15	15
14/05/2020	Falta de mão-de-obra	13:40	14:00	20
14/05/2020	Manutenção Corretiva	14:20	14:50	30
14/05/2020	Manutenção Corretiva	15:00	15:35	35
14/05/2020	Retrabalho	23:38	00:00	22
15/05/2020	Aguardando operação	06:00	07:30	90
15/05/2020	Aguardando operação	10:20	10:40	20
15/05/2020	Retrabalho	13:10	14:00	50
15/05/2020	Setup	14:15	14:40	25
15/05/2020	Setup	15:00	15:15	15
18/05/2020	Aguardando operação	06:00	06:30	30
18/05/2020	Aguardando operação	06:35	06:45	10
18/05/2020	Manutenção do dispositivo de solda	10:20	10:35	15
18/05/2020	Manutenção Preventiva	12:00	12:10	10
18/05/2020	Setup	12:15	12:35	20
18/05/2020	Aguardando operação	12:45	13:10	25
18/05/2020	Retrabalho	15:00	15:15	15
18/05/2020	Setup	15:15	15:30	15
20/05/2020	Manutenção Corretiva	17:23	17:48	25
20/05/2020	Manutenção Autônoma	18:00	18:18	18
20/05/2020	Manutenção Autônoma	19:35	19:59	24
20/05/2020	Manutenção Autônoma	21:15	21:40	25
20/05/2020	Manutenção Autônoma	22:26	22:48	22
26/05/2020	Treinamento/Reunião/GD	06:00	06:10	10
26/05/2020	Aguardando operação	07:15	07:30	15
26/05/2020	Aguardando operação	08:30	08:40	10
27/05/2020	Treinamento/Reunião/GD	06:00	06:15	15
27/05/2020	Aguardando operação	06:20	06:48	28
27/05/2020	Setup	07:30	08:40	70
29/05/2020	Treinamento/Reunião/GD	06:00	06:10	10
29/05/2020	Setup	07:15	08:00	45
29/05/2020	Manutenção Corretiva	08:30	09:25	55
29/05/2020	Setup	13:30	14:35	65

(Fonte: Acervo da empresa)

- Disponibilidade relacionada ao mês de maio



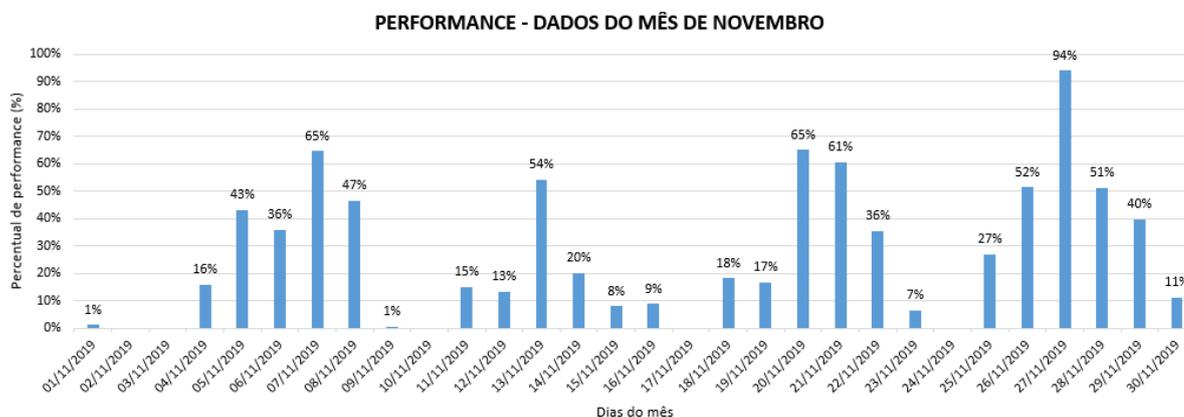
(Fonte: Acervo da empresa)

Não houve produção nos dias 1 (feriado), 2, 3, 9, 10, 16, 17, 23 e 24 (sábados ou domingos).

## APÊNDICE B – ÍNDICE DE PERFORMANCE OPERACIONAL (IPO)

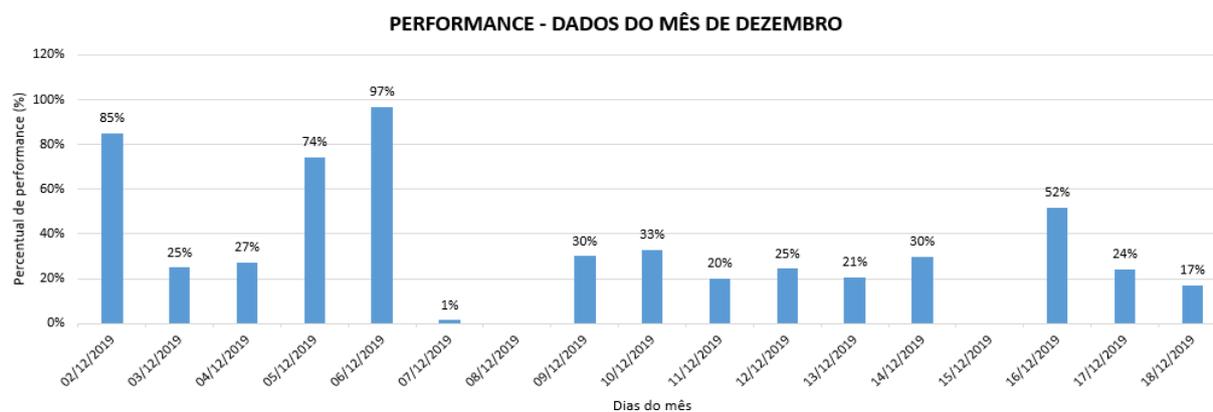
Nas Figuras a seguir pode-se verificar o percentual do Índice de Performance Operacional (IPO) ao decorrer de cada mês.

- Performance relacionada ao mês de novembro



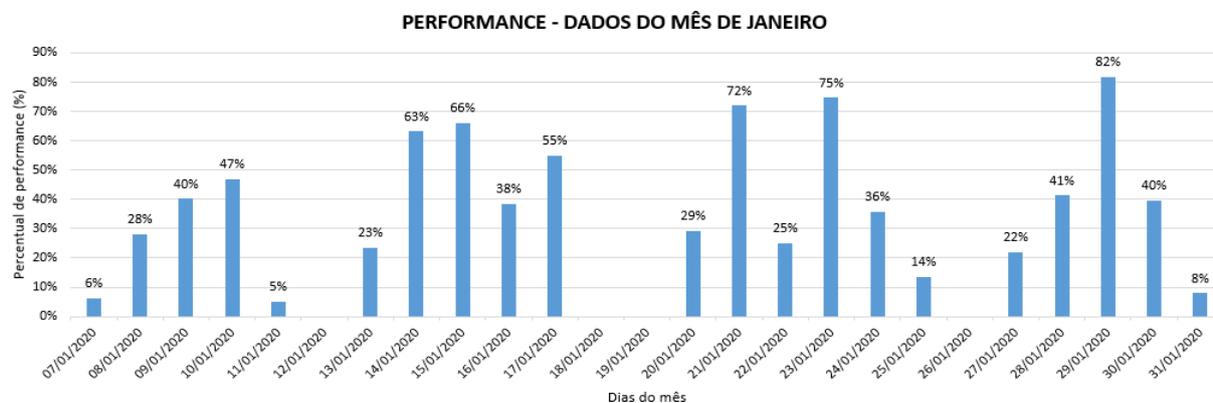
(Fonte: Acervo da empresa)

- Performance relacionada ao mês de dezembro



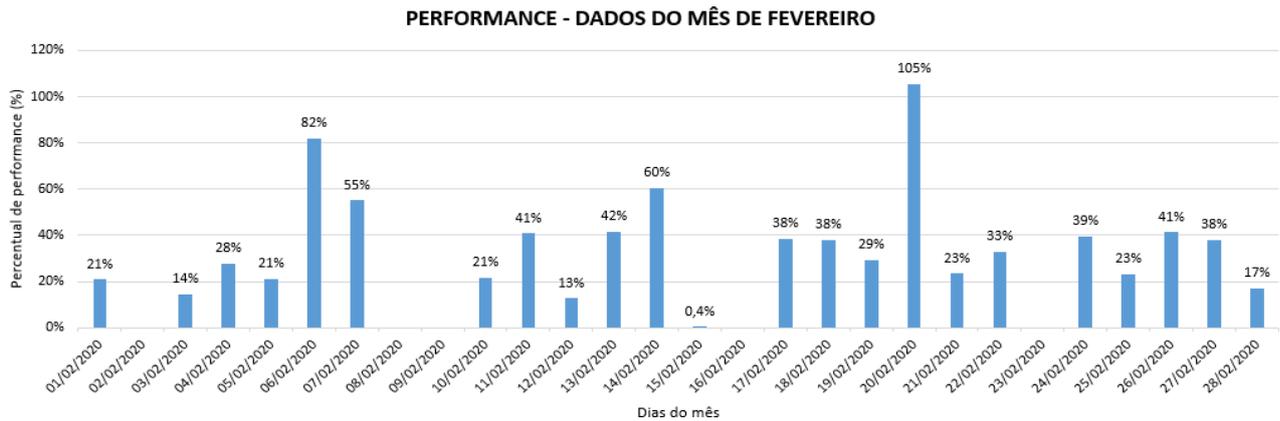
(Fonte: Acervo da empresa)

- Performance relacionada ao mês de janeiro



(Fonte: Acervo da empresa)

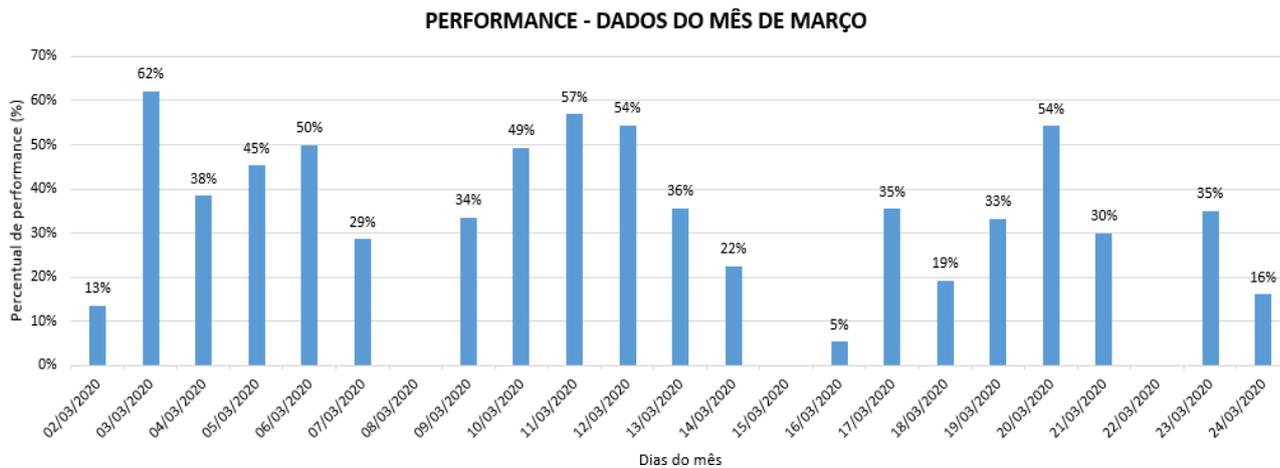
- Performance relacionada ao mês de fevereiro



(Fonte: Acervo da empresa)

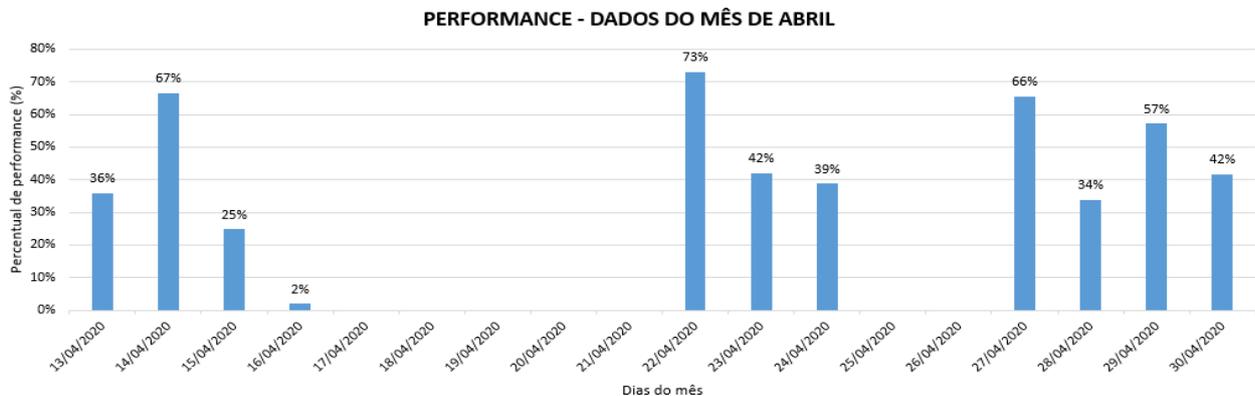
O IPO do dia 20 de fevereiro teve um valor de 105% porque, de forma errônea, o operador registrou no SAP uma quantidade maior de peças em relação ao que havia produzido.

- Performance relacionada ao mês de março



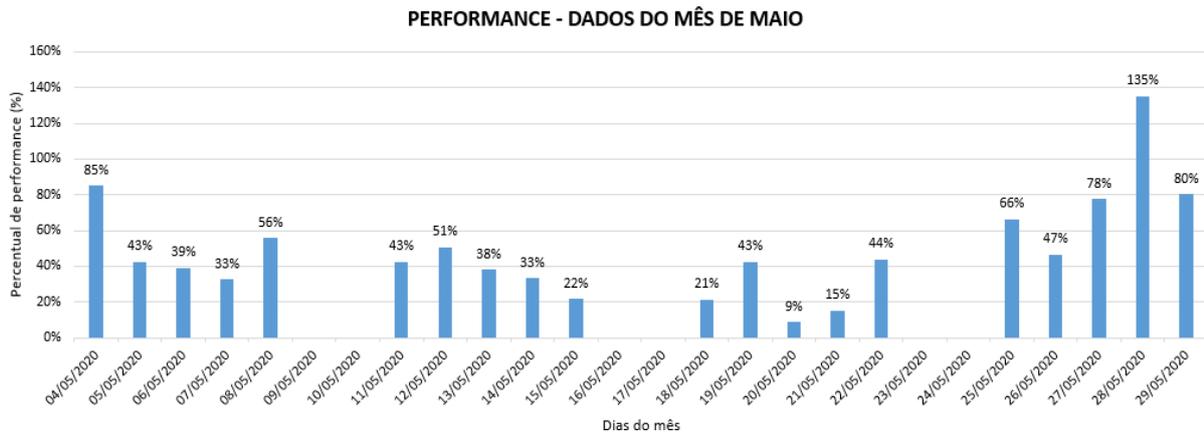
(Fonte: Acervo da empresa)

- Performance relacionada ao mês de abril



(Fonte: Acervo da empresa)

- Performance relacionada ao mês de maio



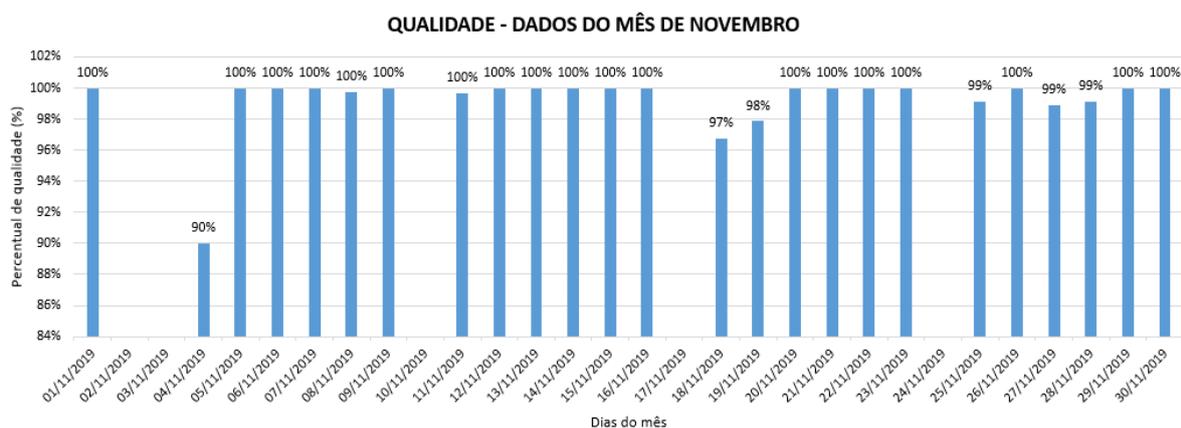
(Fonte: Acervo da empresa)

O IPO do dia 28 de maio teve um valor de 135% porque, de forma errônea, o operador registrou no SAP uma quantidade maior de peças em relação ao que havia produzido.

## APENDICÊ C – ÍNDICE DE QUALIDADE (IQ)

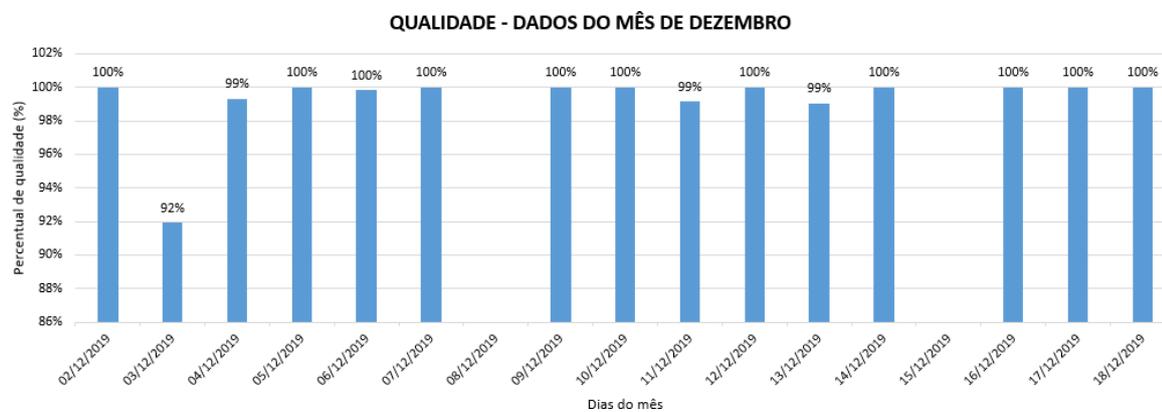
Nas Figuras a seguir pode-se verificar o percentual do Índice de Qualidade (IQ) ao decorrer de cada mês.

- Qualidade relacionada ao mês de novembro



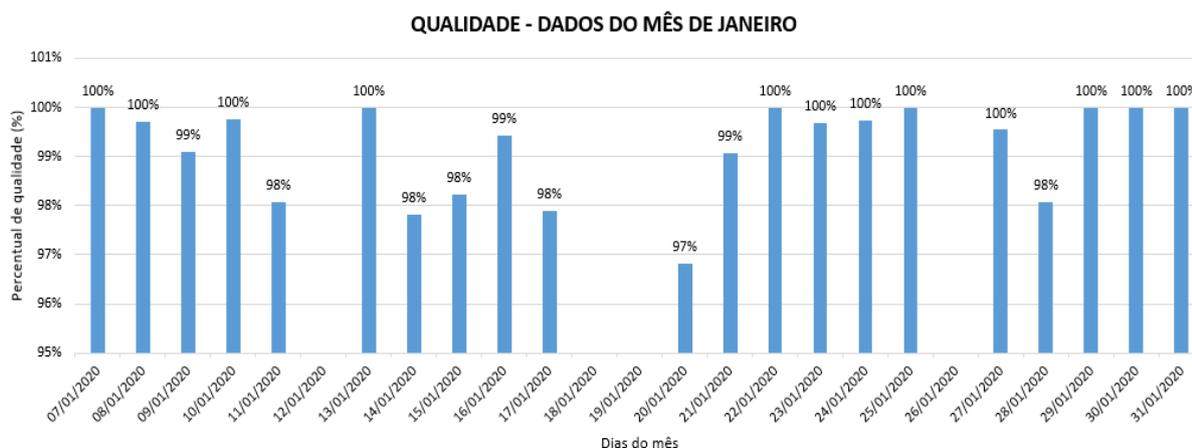
(Fonte: Acervo da empresa)

- Qualidade relacionada ao mês de dezembro



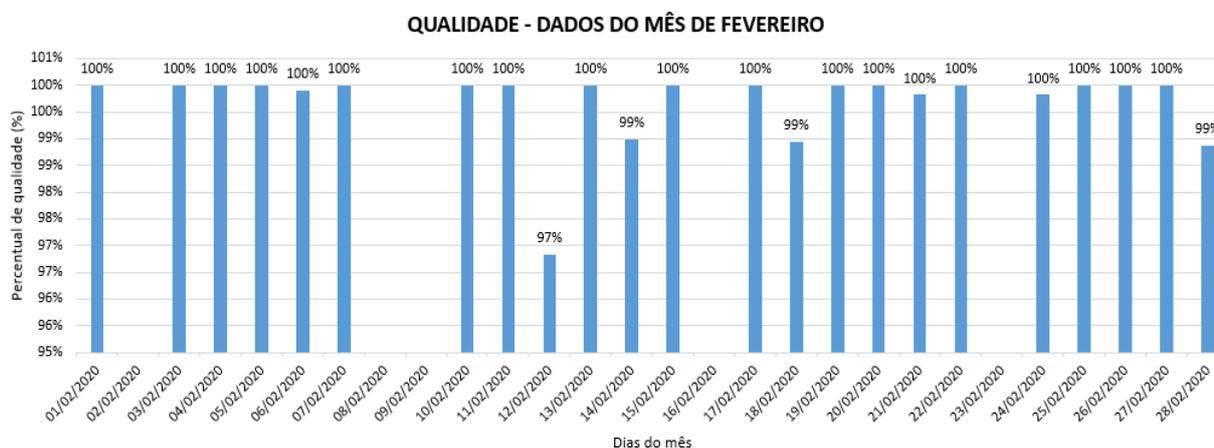
(Fonte: Acervo da empresa)

- Qualidade relacionada ao mês de janeiro



(Fonte: Acervo da empresa)

- Qualidade relacionada ao mês de fevereiro



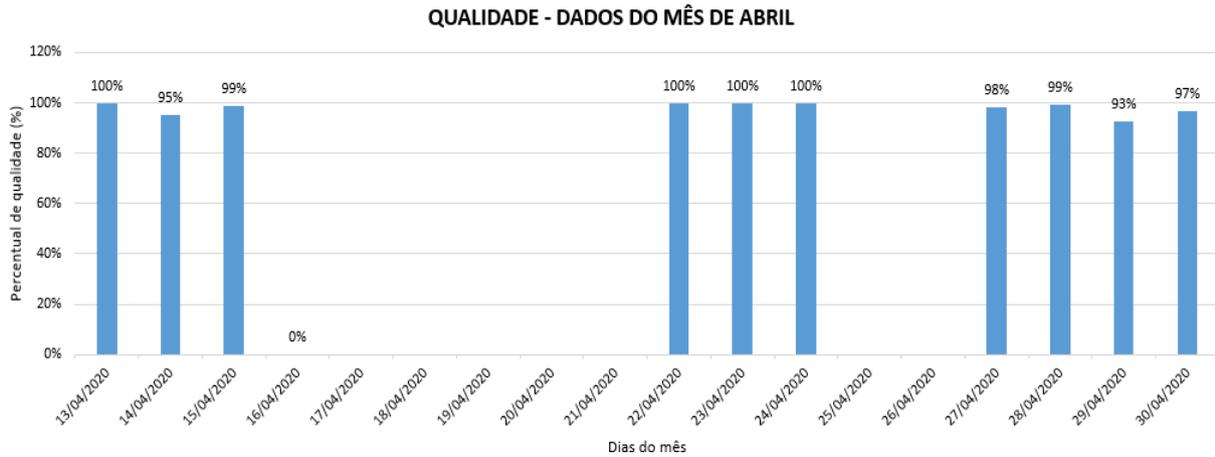
(Fonte: Acervo da empresa)

- Qualidade relacionada ao mês de março



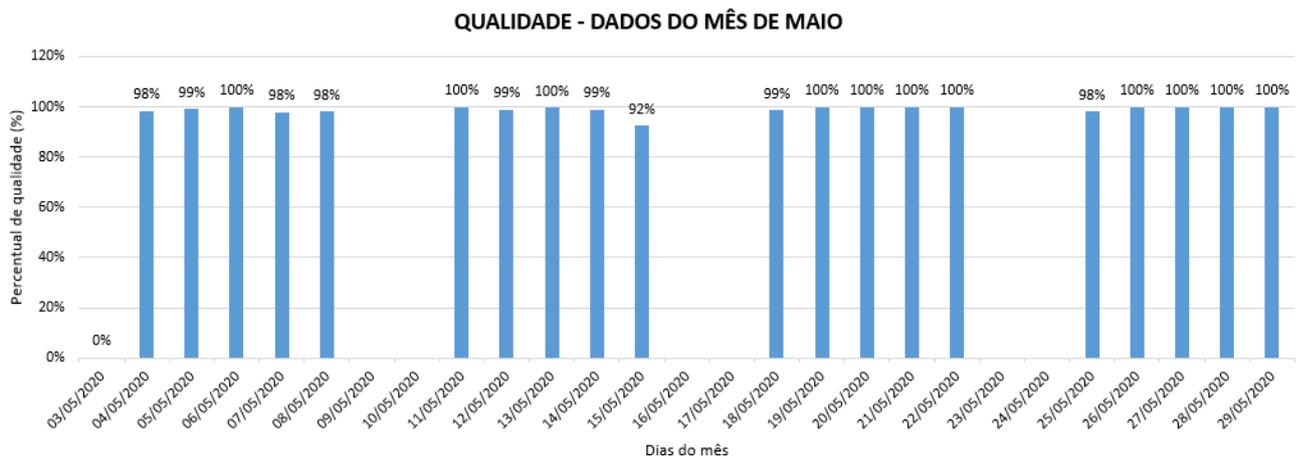
(Fonte: Acervo da empresa)

- Qualidade relacionada ao mês de abril



(Fonte: Acervo da empresa)

- Qualidade relacionada ao mês de maio



(Fonte: Acervo da empresa)