

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

PEDRO HENRIQUE TEPONTI

**APLICAÇÃO DO MÉTODO *SHOP FLOOR MANAGEMENT* PARA
ESTRUTURAÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO DE MÁQUINAS DE
USINAGEM CNC QUE JÁ POSSUEM SISTEMA MES**

CAXIAS DO SUL

2022

PEDRO HENRIQUE TEPONTI

**APLICAÇÃO DO MÉTODO *SHOP FLOOR MANAGEMENT* PARA
ESTRUTURAÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO DE MÁQUINAS DE
USINAGEM CNC QUE JÁ POSSUEM SISTEMA MES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade de Caxias do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador Prof. Dr. Ivandro Ceconello

CAXIAS DO SUL

2022

PEDRO HENRIQUE TEPONTI

**APLICAÇÃO DO MÉTODO *SHOP FLOOR MANAGEMENT* PARA
ESTRUTURAÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO DE MÁQUINAS DE
USINAGEM CNC QUE JÁ POSSUEM SISTEMA MES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade de Caxias do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovado em

Banca Examinadora

Prof. Dr. Ivandro Cecconello – orientador
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. Dr. Leonardo Dagnino Chiwiacowsky
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. Dr. Carlos Alberto Costa
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Dedico este trabalho aos meus pais, que sempre foram os meus grandes incentivadores durante minha formação acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha mãe, Maristela Teponti, e ao meu pai, Paulo Roberto da Silva, que sempre foram os meus grandes incentivadores durante a jornada acadêmica, e também os meus grandes exemplos de vida, por demonstrarem sempre compaixão e nunca deixarem de medir esforços para realizar os sonhos de seus filhos.

Agradeço a minha esposa, Fernanda de Oliveira, pelo apoio no decorrer do trabalho e pelos incentivos recebidos no dia a dia. Agradeço pela compreensão que teve comigo durante a jornada acadêmica, especialmente no trabalho de conclusão do curso, onde muitas vezes precisei passar nosso tempo livre em dedicação ao trabalho.

Agradeço minha irmã Ana Paula Teponti da Silva, toda a família e amigos que de alguma forma estiveram presentes e me deram forças durante o período da minha graduação.

Agradeço especialmente ao Dr. Engenheiro Ivandro Ceconello, que no decorrer do ano de 2022, não apenas foi o meu orientador neste trabalho, mas também compartilhou todo o seu conhecimento e experiência para que o trabalho tivesse um resultado positivo, na minha formação acadêmica, profissional e pessoal.

Agradeço a todos os professores da UCS e aos colegas que tive durante a formação acadêmica, todos, de alguma forma ou de outra, trouxeram conhecimento e experiências que agregaram na minha formação acadêmica, profissional e pessoal, e que sempre irei levar comigo.

Agradeço à empresa Aço Peças Demore, por sempre depositar confiança sobre o meu trabalho e pelas oportunidades recebidas ao longo dos 11 anos que faço parte desse time. Agradeço pela oportunidade e disponibilidade dada para realização do meu trabalho de conclusão de curso, e por todo o empenho dos envolvidos nesse projeto, sempre em busca do mesmo objetivo.

“Lembre-se que as pessoas podem tirar tudo de você, menos o seu conhecimento.”

Albert Einstein

RESUMO

O gerenciamento das máquinas CNC na empresa Aço Peças Demore é realizado por um sistema MES que realiza a coleta de dados das máquinas, todavia, a utilização é limitada apenas pelo controle da eficiência dos equipamentos. Com isso, torna-se necessária, a utilização de ferramentas de engenharia, que auxiliem a empresa a analisar e melhorar os seus índices de disponibilidade, desempenho e qualidade. Nesse contexto, o presente trabalho apresenta a utilização do método *shop floor management* (SFM), para melhorar e estruturar os indicadores dos equipamentos que já possuem um coletor de dados, com o auxílio do cálculo do *Overall Equipment Efficiency* (OEE). Com o objetivo de aumentar os índices de disponibilidade, desempenho e qualidade e entender as principais paradas que afetam a produção, o método SFM propõe ferramentas que auxiliam na divulgação e interpretação dos resultados do OEE, para possibilitar tomadas de decisões mais assertivas no dia a dia da empresa. A implementação do método proposto, juntamente com a realização das análises das paradas de máquinas, possibilitou um melhor entendimento dos tempos de paradas de máquinas enfrentados no dia a dia, possibilitando a criação de planos de ação para minimizá-las, resultando em um aumento de 53,98% para 58,49% da sua disponibilidade. Através dos resultados apresentados, o sucesso da continuidade no uso do método depende de um acompanhamento diário, para perpetuar o método em toda a empresa, e com isso, buscar as soluções para minimizar as paradas de máquinas e evolução do IROG.

Palavras-chave: *shop floor management* (SFM). Índice de Rendimento Operacional Global (IROG). MES. máquinas CNC.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo de processo do SFM por Hanenkamp.....	20
Figura 2: Importância dos Indicadores de Desempenho	23
Figura 3: Exemplo de quadro de gestão visual.....	26
Figura 4: Conceitos de TEEP e OEE.....	34
Figura 5: Integração das estratégias de gestão empresarial com as dimensões na manufatura a partir dos sistemas de TI e MES.....	38
Figura 6: Célula de centros de usinagem vertical Doosan.....	40
Figura 7: Análise de melhores tempos pelo Power BI.....	41
Figura 8: Exemplo de cadastro de tempos no sistema ERP	42
Figura 9: Exemplo de ordem de produção.....	42
Figura 10: Monitor de produtividade.....	43
Figura 11: Exemplo de <i>andon</i> do MES.....	45
Figura 12: Tela de máquinas paradas	45
Figura 13: Painel do sistema MES	48
Figura 14: Interface do <i>software</i> NCSYSTEM para o MES.....	49
Figura 15: Horários dos turnos.....	50
Figura 16: Etapas de implementação	51
Figura 17: Índice de Disponibilidade da Máquina 167 no 1º Turno	63
Figura 18: Índice de Desempenho da Máquina 167 no 1º Turno.....	64
Figura 19: IROG da Máquina 167 no 1º turno.....	64
Figura 20: Diagrama de Pareto das Paradas da Máquina 167	66
Figura 21: Mesa dos Produtos Não Conforme.....	67
Figura 22: Índices do IROG no painel novo do MES	68
Figura 23: Novo Painel do MES.....	70
Figura 24: Disponibilidade ou μ_1 da Máquina 167 na Fase Piloto	72
Figura 25: Desempenho ou μ_2 da Máquina 167 na Fase Piloto	74
Figura 26: Qualidade ou μ_3 da Máquina 167 na Fase Piloto	75
Figura 27: μ Global da Máquina 167 na Fase Piloto.....	75
Figura 28: Média Semanal dos Índices na Fase Piloto.....	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Funções típicas do SFM.....	21
Quadro 2 - Tipologias principais de paradas de máquinas	46
Quadro 3 - Tipologias secundárias de paradas de máquinas	46
Quadro 4 - Listagem de máquinas	49
Quadro 5 – Plano de ação da etapa 1.....	52
Quadro 6 – Plano de ação da etapa 2.....	53
Quadro 7 – Plano de ação da etapa 3.....	54
Quadro 8 – Planos de ação da etapa 4	55
Quadro 9 – Planos de ação da etapa 5	56
Quadro 10 – Planos de ação da etapa 6	57
Quadro 11 – Planos de ação da etapa 7	57
Quadro 12 – Planos de ação da etapa 8	58
Quadro 13 – Planos de ação da etapa 9	59
Quadro 14 – Equipe da área de apoio do projeto.....	61
Quadro 15 – Tempos de Paradas da Máquina 167	66
Quadro 16 – Cronograma de Instalação dos Painéis	71
Quadro 17 – Índices μ_1, μ_2, μ_3 e μ global na Fase Piloto	72
Quadro 18 – Tempos de Paradas da Máquina 167 na Fase Piloto	73
Quadro 19 – Resultados da Semana de 17/10/2022 a 21/10/2022	78
Quadro 20 – Resultados da Semana de 24/10/2022 a 28/10/2022	78
Quadro 21 – Tempos de Paradas de Máquina da Semana 17/10/2022 a 21/10/2022	79
Quadro 22 - Tempos de Paradas de Máquina da Semana 24/10/2022 a 28/10/2022	79
Quadro 23 – Possíveis Ações para Paradas de Máquinas.....	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais componentes, práticas diárias e ferramentas do SFM.....	19
Tabela 2 - Práticas de gestão visual de acordo com grau de controle	28
Tabela 3 – Evolução do IROG.....	81
Tabela 4 – Evolução do IROG, excluindo os dias 17/10 e 18/10.....	81

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CNC	Comando Numérico Computadorizado
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i> – Planejamento de Recursos Empresariais
IPA	Índice de Produtos Aprovados
IPO	Índice de Performance Operacional
IROG	Índice de Rendimento Operacional Global
ITO	Índice de Tempo Operacional
KPI	<i>Key Performance Indicator</i> – Indicadores Chaves de Performance
MES	<i>Manufacturing Execution Systems</i> – Sistema de Execução de Manufatura
MPT	Manutenção Produtiva Total
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i> – Eficiência Global dos Equipamentos
PCP	Programação e Controle da Produção
SFM	<i>Shop Floor Management</i> – Gestão do Chão de Fábrica
STP	Sistema Toyota de Produção
TEEP	<i>Total Effective Equipment Productivity</i> – Eficiência Produtiva Total do Equipamento
TI	Tecnologia da Informação
UCS	Universidade de Caxias do Sul

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	JUSTIFICATIVA	14
1.2	OBJETIVOS	15
1.2.1	Objetivo geral.....	16
1.2.2	Objetivos específicos	16
1.3	ABORDAGEM E DELIMITAÇÃO DO TRABALHO.....	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1	<i>SHOP FLOOR MANAGEMENT</i>	18
2.2	COMPONENTES DO SHOP FLOOR MANAGEMENT.....	21
2.2.1	Padronização do Trabalho.....	21
2.2.2	Solução de Problemas.....	22
2.2.3	Acompanhamento de <i>KPIs</i>.....	22
2.2.4	Gestão Visual.....	25
2.3	ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL.....	28
2.3.1	Cálculo do IROG	34
2.3.1.1	Índice de disponibilidade (ITO).....	34
2.3.1.2	Índice de desempenho (IPO)	35
2.3.1.3	Índice de qualidade (IPA).....	37
2.4	MANUFACTURING EXECUTION SYSTEMS (MES)	38
3	PROPOSTA DE TRABALHO	40
3.1	CENÁRIO ATUAL	40
3.1.1	Sistema MES e suas interfaces.....	48
3.1.2	Equipamentos.....	49
3.2	MÉTODO DE TRABALHO	50
3.2.1	Definição da equipe de trabalho.....	51
3.2.2	Diagnóstico detalhado dos principais problemas atuais e detalhar oportunidades de melhoria.....	52
3.2.3	Estruturação do cálculo do IROG.....	54
3.2.4	Realização de treinamento	54
3.2.5	Execução do SFM em fase piloto.....	55
3.2.6	Análise dos resultados e revisão da proposta.....	56

3.2.7	Implementação formal do SFM.....	57
3.2.8	Análise dos resultados após implementação formal.....	58
3.2.9	Gestão pela continuidade do SFM.....	58
4	RESULTADOS	60
4.1	DEFINIÇÃO DA EQUIPE DE TRABALHO.....	60
4.2	DIAGNÓSTICO DETALHADO DOS PRINCIPAIS PROBLEMAS ATUAIS E DETALHAR AS OPORTUNIDADES DE MELHORIA	61
4.3	ESTRUTURAÇÃO DO CÁLCULO DO IROG	68
4.4	REALIZAÇÃO DE TREINAMENTO.....	69
4.5	EXECUÇÃO DO SFM EM FASE PILOTO.....	71
4.6	ANÁLISE DOS RESULTADOS E REVISÃO DA PROPOSTA	71
4.7	IMPLEMENTAÇÃO FORMAL DO SFM	76
4.8	ANÁLISE DOS RESULTADOS E EXECUÇÃO DOS PLANOS DE AÇÃO.....	77
4.9	GESTÃO PELA CONTINUIDADE DO SFM	82
5	CONCLUSÃO.....	84
	REFERÊNCIAS	87
	APÊNDICE A - ÍNDICES μ_1, μ_2 E μ GLOBAL DA MÁQUINA 168.....	90
	APÊNDICE B - ÍNDICES μ_1, μ_2 E μ GLOBAL DA MÁQUINA 258.....	91
	APÊNDICE C - ÍNDICES μ_1, μ_2 E μ GLOBAL DA MÁQUINA 259.....	92
	APÊNDICE D - PARETO DAS PARADAS DA MÁQUINA 168	93
	APÊNDICE E - PARETO DAS PARADAS DA MÁQUINA 258.....	94
	APÊNDICE F - PARETO DAS PARADAS DA MÁQUINA 259.....	95
	APÊNDICE G – REGISTRO DOS TREINAMENTOS NO RD2	96
	APÊNDICE H – GESTÃO VISUAL μ_1, μ_2, μ_3 E IROG	97
	APÊNDICE I – MÉDIA SEMANAL DOS ÍNDICES	98
	APÊNDICE J – TEMPOS DE PARADAS DE MÁQUINAS POR SEMANA	99

1 INTRODUÇÃO

A competitividade global e a busca por produtos que agregam valor econômico com qualidade, produtividade e eficiência, fazem com que as empresas busquem cada vez mais conhecer seus processos produtivos para entender onde existem possibilidades de melhorias. Antunes (2011) destaca que com o cálculo e monitoramento da eficiência dos recursos, se torna possível elaborar planos para corrigir os principais motivos de ineficiência em sistemas produtivos. Porém de uma forma geral, os gestores não conseguem determinar e distinguir com clareza a eficiência da utilização dos recursos disponíveis como materiais, equipamentos, pessoas etc.

De acordo com Antunes (2011), o monitoramento dos indicadores de desempenho necessita ser claro e objetivo, através de indicadores de larga aplicabilidade e fácil interpretação. Para obter uma exatidão do resultado da eficiência no posto de trabalho, é preciso, além da precisão conceitual envolvida no cálculo, a coleta adequada dos dados relativos aos recursos produtivos. “Indicadores de desempenho são decisivos no comportamento de um sistema de produção e podem ser os responsáveis pelo seu sucesso ou fracasso” (COSTA *et al.*, 2017, p.52).

Nesse sentido, existem sistemas que apoiam o monitoramento dos indicadores, como o *Manufacturing Execution Systems* (MES), que é utilizado para gerenciar as atividades de produção realizando a ligação entre o planejamento estratégico e o chão da fábrica (COSTA *et al.*, 2017). Para fazer frente a integração das tecnologias do chão de fábrica com o ERP, é utilizado o sistema MES (NEVES, 2011). Segundo Costa *et al.* (2017), esse sistema possui um nível de aplicação que reúne ferramentas para o gerenciamento da operação no chão de fábrica com diversas funções, podendo destacar a função que se dedica aos indicadores de desempenho de produtividade e qualidade.

Para Neves (2011), o MES preenche a lacuna existente entre os sistemas ERP e os sistemas automatizados do chão de fábrica, e o tempo de processamento e envio de informações é aumentado em até dez vezes em cada camada de aplicação. Os sistemas MES disponibilizam informações e possibilitam a otimização das atividades de produção, fazem a integração da comunicação, rastreabilidade e execução com menor margem de erro.

Hansen (2006) destaca que uma das principais medidas de identificar empresas de classe mundial é verificando o quão eficazes os seus processos são operados em suas fábricas,

e o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) tem o objetivo de fornecer este número. Um indicador que auxilia a entender melhor como está o desempenho da área da manufatura e a identificar qual a máxima eficiência que pode ser atingida é o Índice de Rendimento Operacional Global (IROG), que objetiva medir o valor agregado que cada máquina produz em um dado período de tempo considerado, permitindo observar com clareza as perdas associadas à operação de cada máquina/posto de trabalho (ANTUNES, 2011).

O uso do IROG relacionado com o MES permite identificar mais facilmente os pontos de melhorias para elevar a média deste índice, uma vez que é possível detalhar e analisar as paradas em cada máquina/posto de trabalho analisando os dados gerados.

A empresa onde este trabalho será desenvolvido não calcula e não utiliza o IROG para avaliar os seus processos produtivos, não permitindo a empresa identificar onde estão as suas maiores perdas nos seus processos produtivos e realizar um gerenciamento mais eficaz dos seus recursos. A aplicação do método SFM e os seus componentes com utilização do IROG visa possibilitar o melhor aproveitamento dos recursos produtivos da empresa, para proporcionar o aumento da eficiência dos seus processos, tornando a empresa cada vez mais competitiva nos mercados em que atua.

Para tanto, este trabalho é organizado em cinco capítulos. O primeiro traz a introdução, justificativa e o entendimento do objetivo geral e específico. O segundo capítulo traz o referencial teórico, destacando os conceitos e técnicas usados no desenvolvimento do trabalho. No terceiro capítulo, é detalhada a proposta de trabalho, a fim de solucionar a situação do problema. Apresenta-se no quarto capítulo a descrição, análise, e discussão dos resultados obtidos. Ao final, no quinto capítulo, finaliza-se com a conclusão.

1.1 JUSTIFICATIVA

Atualmente, devido ao momento que se encontra o mercado e com a exigência dos consumidores pela busca de produtos que atendam às suas rigorosas exigências de qualidade, com menores prazos de entrega e custos, a padronização dos processos produtivos se torna cada vez mais imprescindível para as empresas assegurarem seu espaço dentro do mercado (COSTA *et al.*, 2017). A busca por novas tecnologias de máquinas e métodos de processamento de produtos por muitos anos auxiliou as empresas como fator competitivo, porém está cada vez mais claro que apenas essas novas tecnologias não garantem esse fator de competitividade, e buscas por sistemas de manufatura adequados estão cada vez mais

auxiliando as empresas a entenderem as suas necessidades e onde devem atuar para corrigir e melhorar os índices de seus processos produtivos. Indicadores são bastante utilizados pelas empresas como indicativos de eficiência, por exemplo o OEE, que é uma medida de desempenho para determinar o quão eficazes as fábricas operam os seus processos e é utilizado como base para o cálculo do IROG (ANTUNES, 2011).

Neste sentido, satisfazer as necessidades dos clientes, através do contínuo aperfeiçoamento dos seus processos e serviços é a política de qualidade da empresa Aço Peças Demore, que atua no ramo de usinagem de peças para terceiros e visa a ser referência em usinagem de precisão dentro dos diversos segmentos que atua. A Aço Peças Demore realiza o gerenciamento hora a hora de seus processos produtivos das máquinas CNC desde 2014, através de um sistema MES que coleta dados em tempo real dos tempos produtivos e dos tempos de paradas das máquinas com comando numérico, todavia o IROG não é calculado.

Os setores de máquinas CNC na Aço Peças Demore estão divididos por família de máquinas, separados pelas seguintes classificações:

- a) Centro de usinagem horizontal;
- b) Centro de usinagem vertical;
- c) Multitarefa;
- d) Torno CNC;
- e) Torno CNC com alimentador de barra.

Melhorar a forma como estes equipamentos são gerenciados representa uma oportunidade que este trabalho irá abordar.

Pelo fato de a empresa já possuir um sistema de coleta de dados, mas não fazer o uso do IROG, se faz necessário estruturar essa ferramenta, permitindo que as marcações de paradas sejam apontadas corretamente no sistema. Com isso, os dados coletados podem ser utilizados para os cálculos e, assim, mostrar de fato, os reais pontos de melhorias a serem implementados ao processo para se ter um aumento de eficiência.

1.2 OBJETIVOS

Os tópicos seguintes irão apresentar o objetivo geral e os objetivos específicos para o referido trabalho.

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo do trabalho é implementar o método SFM (*shop floor management*), melhorando a estruturação de indicadores de desempenho de máquinas de usinagem que já possuem sistema MES, utilizando como base o cálculo do IROG.

1.2.2 Objetivos específicos

Do objetivo geral derivam-se os específicos como sendo:

- a) analisar os atuais indicadores de desempenho e identificar os pontos fortes e oportunidades de melhoria;
- b) analisar e predefinir os componentes do SFM a serem utilizados;
- c) integrar os indicadores existentes com os propostos pela metodologia IROG;
- d) realizar teste piloto para validar a nova integração;
- e) avaliar os resultados obtidos no teste piloto.

1.3 ABORDAGEM E DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

A proposta deste trabalho está delimitada à aplicação do método do *shop floor management* em uma célula de quatro centros de usinagem verticais, que já possuem um sistema MES instalado, utilizando o cálculo do IROG para verificar a eficiência e os principais tempos de paradas de máquinas que afetam o sistema.

A célula de quatro máquinas, não é uma célula que produz itens em sequenciamento, que depende de operações de uma máquina desta célula para acontecer em outra. Ela é determinada como uma célula dentro da empresa, pois são quatro máquinas do mesmo fabricante, que possuem iguais especificações em relação ao seu tamanho, tipo de máquina, quantidade de ferramentas, tamanho da mesa comando numérico utilizado.

Este trabalho será pautado sobre uma pesquisa aplicada, com objetivo de gerar conhecimento para aplicações práticas dirigido à solução de um problema específico (PRODANOV *et al.*, 2013). A pesquisa terá uma abordagem mista, utilizando ambas abordagens da pesquisa qualitativa e da pesquisa quantitativa, pois o uso dessa pesquisa se torna mais vantajosa quando os problemas das pesquisas são complexos e as outras abordagens não fornecem as respostas necessárias.

Segundo Silva (2019), na pesquisa quantitativa, são mensuradas variáveis predominantes e expressas numericamente e os resultados são analisados com o uso preponderante de métodos quantitativos. Já a pesquisa qualitativa é um tipo de investigação que é direcionada para as características qualitativas do fenômeno estudado, considerando a parte subjetiva do problema e tendo os seus dados coletados diretamente no contexto natural e nas interações sociais que ocorrem e são analisados diretamente pelo autor (SILVA, 2019).

A pesquisa utilizada para a realização desse trabalho é a pesquisa descritiva, que ainda conforme Silva (2019), tem o objetivo de estudar um assunto ainda pouco explorado para proporcionar uma visão geral do fato, com intuito de se conhecer profundamente o assunto em questão e dar ao pesquisador aptidão a construir hipótese sobre o assunto. Quanto aos procedimentos, esta pesquisa utiliza a pesquisa-ação, onde pesquisadores e participantes se envolvem no trabalho de forma cooperativa. A pesquisa-ação não se refere a uma simples coleta de dados ou relatórios a serem arquivados. Com a pesquisa-ação, os pesquisadores pretendem ter um papel ativo na realidade dos fatos observados (PRODANOV *et al.*, 2013).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, serão abordados os conceitos utilizados para formulação e desenvolvimento deste trabalho com base nas bibliografias fundamentais disponíveis.

2.1 SHOP FLOOR MANAGEMENT

Segundo Hertle *et al.* (2015), o termo *Shop Floor Management* (SFM), ou traduzindo para o português como gestão do chão de fábrica, não é novo para a pesquisa acadêmica, até porque esse termo aparece nas denominações sobre lideranças do *lean manufacturing*, mas, no entanto, há pouco consenso sobre suas especificidades. Para Zondo (2020), o *Shop Floor Management* (SFM) foi descrito como um sistema que fornece um fluxo de informações de baixo para cima na produção, com o uso de indicadores de desempenho, planos de ação e curtas reuniões regulares realizadas no chão de fábrica.

Para Torres *et al.* (2019), o SFM é definido como um sistema gerencial integrado que facilita a comunicação, o controle de desempenho e a implementação de métodos do *lean manufacturing* no chão de fábrica. Para tanto, Suzuki (1993) enfatiza que é preciso olhar para um negócio com a ideia que o chão de fábrica é o ponto mais crucial da condução deste negócio, pois é onde os valores são adicionados, bens são produzidos e serviços são fornecidos para satisfazer os clientes.

Suzuki (1993) define que o SFM é a prática dos termos japoneses *gemba*, que se refere ao local onde o trabalho acontece, o *genbutsu*, que exige que todos entendam a natureza do problema, averiguando o mesmo no local em que ocorre e o *genjitsu*, que implica que as conexões entre os problemas atuais e as causas raiz foram mapeados com base em dados válidos e consistentes.

De acordo com Zondo (2020), existem várias conexões do SFM e os princípios do *lean manufacturing*, que incluem o desenvolvimento e gerenciamento da operação do chão de fábrica e trabalhadores. No entanto, Hertle *et al.* (2015) faz uma crítica principal às introduções dos métodos *lean*, uma vez que eles podem ter efeito positivo a curto prazo, mas, no entanto, podem diminuir ao longo do tempo.

Torres *et al.* (2019) destacam que existem vários componentes interligados, práticas diárias e ferramentas que estão relatados nas literaturas por diferentes autores apoiando o SFM, conforme ilustrado na Tabela 1. Tripathi (2022) também destaca várias abordagens que

podem ser usadas para dar suporte ao SFM, tais como *lean manufacturing*, *kaizen* e fabricação inteligente da indústria 4.0.

Tabela 1 - Principais componentes, práticas diárias e ferramentas do SFM

Componentes/práticas diárias/ferramentas	Hanenkamp, 2013	Hertle <i>et al.</i> , 2015	Hertle <i>et al.</i> , 2016	Mann, 2014
Gerenciamento visual	x	x		x
Padronização do trabalho	x		x	
Solução de problemas	x	x	x	
Acompanhamento de KPI		x	x	
Melhoria contínua		x	x	
Gerenciamento de pontos de mudança	x			
Desenvolvimento de competências		x	x	
Processo diário das reuniões			x	x
Trabalho padrão do líder			x	x

Fonte: adaptado de Torres *et al.* (2019).

Segundo Zondo (2020), o SFM não é mencionado nas primeiras versões do Sistema Toyota de Produção (STP) nos princípios do *lean manufacturing*, no entanto existem várias conexões entre o SFM e os princípios *lean* de liderança da Toyota. Hertle *et al.* (2015) destacam que o SFM é umas das principais abordagens ao gerenciamento do *lean manufacturing* e elenca quatro maiores objetivos encontrados nas literaturas:

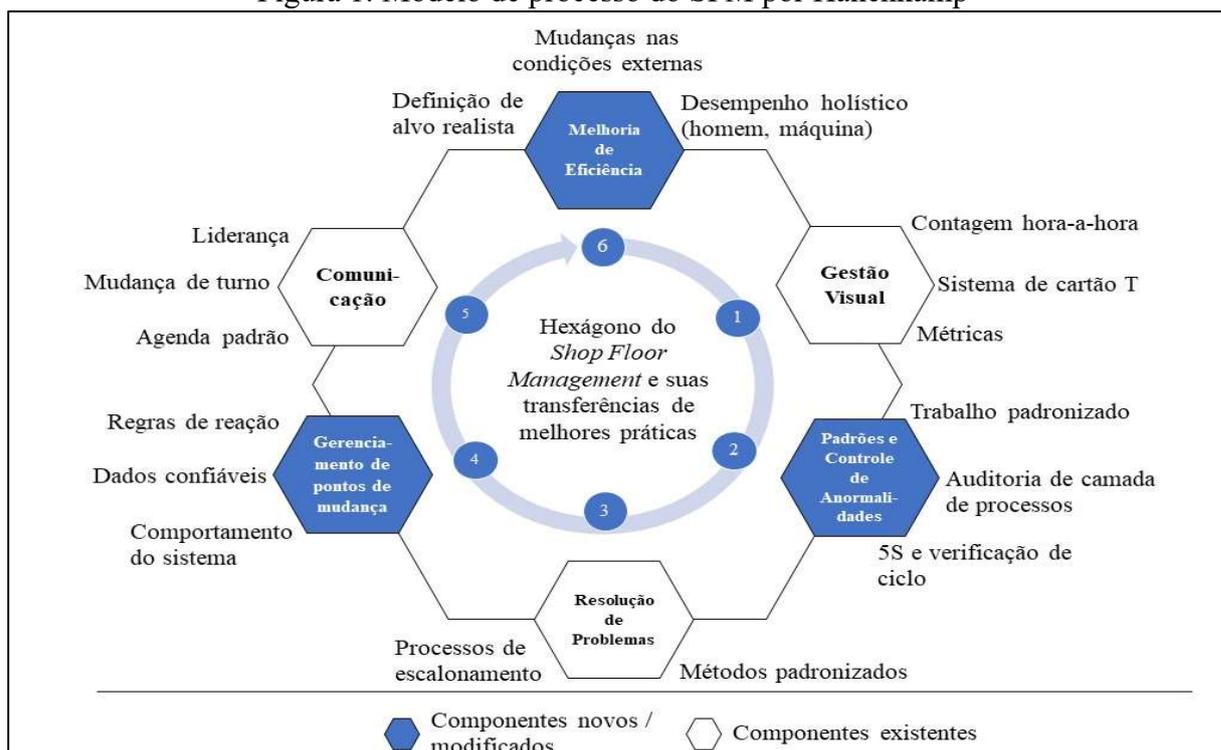
- a) Desenvolvimento de pessoal líder para treinadores metódicos;
- b) Otimização dos Indicadores de Desempenho (*KPI*);
- c) Suporte sustentável dos outros princípios do *lean manufacturing*;
- d) Utilização completa do potencial dos trabalhadores.

Hertle *et al.* (2015) destacam que os gestores cada vez mais precisam executar tarefas organizacionais e de planejamento e, por isso, não conseguem ficar o dia inteiro no chão de fábrica. Também por isso eles precisam ajudar a sua força de trabalho de forma metódica, o que indica um dos objetivos do SFM. Hertle *et al.* (2016) também destacam a importância de os trabalhadores do chão de fábrica desenvolverem outras competências, pois como possuem uma visão geral do campo de trabalho, eles devem ser incentivados a coletar e inspecionar dados de KPI (*Key Performance Indicator*), ou traduzindo para o português como Indicadores de Desempenho, na sua área de trabalho.

Conforme enfatizam Hertle *et al.* (2015), o objetivo mais quantitativo do SFM é o controle sistemático e melhoria dos números dos indicadores de desempenho (*KPI*), onde exemplos de aumento na qualidade, eficiência e confiabilidade do atendimento de pedidos

devido à introdução do SFM são relatados. Com base nas definições disponíveis nas literaturas para o SFM, Hanenkamp (2013) criou um modelo para o processo do SFM, com a exibição de um hexágono mostrado na Figura 1, que expressa que os elementos se complementam e interagem entre si, enquanto o processo de seis etapas ilustra a estrutura rígida, ciclo a ciclo, que leva a sua implementação.

Figura 1: Modelo de processo do SFM por Hanenkamp



Fonte: Adaptado de Hanenkamp (2013).

Conforme Hanenkamp (2013), os seis hexágonos menores são alavancas que permitem que os seis passos sejam acionados, mas não garantem o sucesso da implementação, mas sim a forma como são aplicadas dentro do processo. O modelo proposto por Hanenkamp (2013) é uma adaptação do modelo do Peters (2009), com mudanças nos hexágonos azuis para buscar a redução dos esforços no processo reativo de resolução de problemas por meio da intervenção (GASPAR *et al.*, 2020). Porém, não é um modelo obrigatório, e pode ser seguido de acordo com a necessidade das empresas ou com a execução individual de etapas específicas.

De acordo com Hertle *et al.* (2016), para registrar o estado atual das competências de gerenciamento do SFM, são necessárias funções de gerenciamento do SFM e as competências alvos para essas funções. Os mesmos autores ainda definem cinco típicas funções que podem

ser encontradas em práticas nas indústrias, mas com uma variedade de diferentes títulos, que são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Funções típicas do SFM

Títulos	Competências
Operador do chão de fábrica	Totalmente envolvido no processo de produção e apoia as melhorias do processo, trazendo conhecimento do processo de trabalho
Líder	Profissional superior do SFM. Suas tarefas da gestão do SFM são preparar, realizar e acompanhar as reuniões de chão de fábrica. Em adicional, os líderes são responsáveis pelas soluções de problemas e melhorias de processo dentro da própria esfera de influência, identificando, reagindo e antecipando problemas e desvios durante o turno.
Gerente	Essa função incorpora responsabilidades gerenciais para operadores e líderes de equipe. O gerente participa das reuniões no chão de fábrica com os líderes e outros gerentes regularmente. Outra tarefa é treinar e capacitar a hierarquia abaixo.
Especialista do SFM	Tem profunda experiência metódica em todos os aspectos do SFM. É essencial para apoiar a implementação do SFM e a formação das pessoas envolvidas.
Função de apoio	Pode ser um funcionário da gestão de qualidade ou manutenção e por isso não está diretamente ligado ao processo de produção.

Fonte: Elaborado por Autor (2022)

2.2 COMPONENTES DO SHOP FLOOR MANAGEMENT

Segundo Torres *et al.* (2019), e mostrado na Tabela 1, existem componentes, práticas diárias e ferramentas que fornecem suporte ao SFM abordados por diversos autores, dentre os quais os que são pertinentes para desenvolvimento deste trabalho são abordados na sequência de acordo com as literaturas disponíveis, bem como os papéis desempenhados em cada função do SFM.

2.2.1 Padronização do Trabalho

Segundo Torres *et al.* (2019), padronização do trabalho pode ser definido com um dos mais conhecidos métodos para realização do trabalho, criando procedimentos específicos para o trabalho de cada operador em um processo de produção. Para Monden (2015), a operação padronizada na Toyota diz respeito sobretudo à rotina sequencial de várias operações realizadas por um trabalhador que opera diversos tipos de máquinas de um funcionário multifuncional.

Conforme Werkema (2011), a padronização é o método usado para identificar os procedimentos para execução das tarefas de um processo, de modo que os resultados desejados possam ser alcançados e mantidos. A padronização é o ponto de partida para qualquer melhoria, portanto a padronização do trabalho é muito importante para a cultura da melhoria contínua, pois permite uma base de avaliação, o que significa que os resultados futuros possam melhorar os padrões (TORRES *et al.*, 2019).

2.2.2 Solução de Problemas

De acordo com Liker (2015), a solução contínua de problemas básicos impulsiona a aprendizagem organizacional, e o foco do sistema de aprendizagem contínua da Toyota é identificar as causas dos problemas e impedir que eles ocorram. Conforme Torres *et al.* (2019), a filosofia da solução de problemas vem da ideia principal da redução do desperdício, especificamente o desperdício de recursos gerados por uma abordagem ineficaz de problemas organizacionais.

O objetivo de uma análise de solução de problemas é encontrar o que está causando um problema, a causa raiz, para eliminá-la ou pelo menos evitar que se repita (TORRES *et al.*, 2019). Werkema (2011) destaca que o *lean manufacturing* não conta com um método estruturado e profundo de solução de problemas e com ferramentas estatísticas para lidar com a variabilidade, e com isso Mann (2005) propôs sete passos básicos para estruturar a solução de problemas:

- a) Identificar e definir o problema;
- b) Colocar o problema em quarentena e tomar outras ações corretivas imediatas;
- c) Envolver as pessoas apropriadas e conhecedoras;
- d) Conduzir análises da causa raiz;
- e) Identificar soluções para a causa raiz, avaliá-las e testar a alternativa preferida;
- f) Implementar a solução da causa raiz;
- g) Monitorar e revisar a solução conforme indicado pelos dados de desempenho.

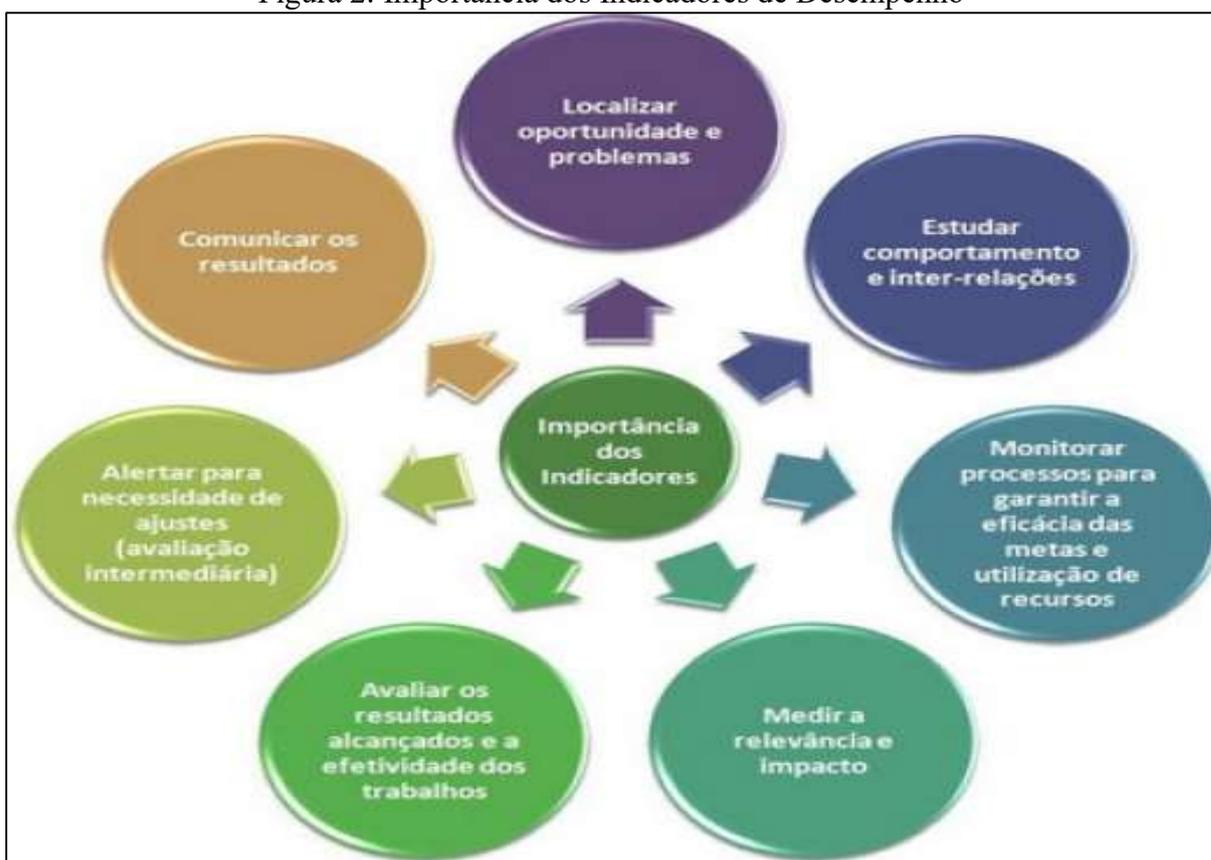
2.2.3 Acompanhamento de KPIs

Conforme Torres *et al.* (2019), um dos mais importantes componentes do SFM são os KPIs, pois são cruciais para corrigir os desvios da área e conduzir a melhorias. Para Hertle *et*

al. (2015), um importante aspecto não é apenas a coleta dos *KPIs*, mas também a sua visualização, os trabalhadores deveriam coletar, representar e interpretar seus próprios *KPIs* para sua área de trabalho, pois sua relação com eles e a possibilidade de influenciá-los é mais alta.

Rodrigues *et al.* (2015) destacam que os *KPIs* são ferramentas de gerenciamento para se executar a medição e o resultante nível de desempenho e sucesso de administração dentro de uma empresa ou de um sistema, destacando a sua importância conforme ilustrado na Figura 2. Santos *et al.* (2018) destacam que a utilização de *KPIs* nas organizações permite estabelecer padrões, acompanhar a sua evolução com o passar do tempo e também compreender o que está funcionando e o que não está, e fazer as correções necessárias para atingir os objetivos estabelecidos.

Figura 2: Importância dos Indicadores de Desempenho



Fonte: Rodrigues *et al.* (2015)

Badiru (2019) destaca que acompanhar os *KPIs* em uma base contínua inclui dados de nível, tendência e comparação, juntamente com metas em fases para avaliar o desempenho e estimular a melhoria. Para Torres *et al.* (2019), o uso de relevantes *KPIs* é crucial para corrigir

desvios de processo e direcionar para melhorias, onde tipicamente os *KPIs* são apresentados em painéis para visualização em tempo real das informações de desempenho de processo.

Francischini *et al.* (2017) destacam que para a elaboração dos *KPIs*, é necessário ter claro quais são as expectativas ou objetivos da empresa ou gestor, quais são as variáveis mais importantes que mostram o objetivo e elaborar os indicadores de desempenho que mensuram as variáveis. Conforme Santos *et al.* (2018), a avaliação de desempenho está relacionada ao sincronismo de objetivos da empresa e à expectativa da organização em relação à eficiência e, em consequência, ao aumento da produtividade pelos trabalhadores.

Rodrigues *et al.* (2015) destacam que os indicadores representam formas quantificáveis de produtos e processos, são utilizados para melhorar e realizar o acompanhamento dos resultados, e classifica cinco tipos de indicadores:

- a) Indicadores de Capacidade: analisa a capacidade de resultado no processo através de suas entradas e saídas por unidade de tempo;
- b) Indicadores de Efetividade: identificam as consequências dos produtos ou serviços;
- c) Indicadores Estratégicos: informam o quanto a organização se encontra na direção dos seus objetivos, refletindo no desempenho em relação aos fatores decisivos de sucesso;
- d) Indicadores de Qualidade: priorizam a satisfação dos clientes e as características de produtos ou serviços;
- e) Indicadores de Produtividade: medem os recursos consumidos relacionados com as saídas de processo.

Para Rodrigues *et al.* (2015), os *KPIs* podem ser aplicados nas mais diversas áreas de uma empresa e podem ser desenvolvidos com a finalidade de medir qualquer etapa do processo ou resultado de uma empresa.

Para que os indicadores de desempenho possam ser utilizados para mostrar qual é o estado da entidade que se pretende monitorar, seja área funcional, processo ou pessoa, Francischini *et al.* (2017) listam que alguns cuidados básicos precisam ser tomados durante a sua elaboração e os relaciona:

- a) Validade: Primeira e mais importante característica dos indicadores de desempenho, pois evidencia que antes de elaborar um indicador é preciso ter claro qual é o objetivo que se deseja medir;

- b) Correto e preciso: Indicadores precisam ser fiéis ao estado do fenômeno, pois se os dados coletados não forem corretos, a informação gerada pelos indicadores será falsa também;
- c) Completo: Indicadores precisam abranger as partes importantes através da seleção de quais variáveis são capazes de mostrar o que se deseja medir a partir dos objetivos estabelecidos pela empresa;
- d) Único e mutuamente exclusivo: Não utilizar indicadores que possuem certa correlação entre si, de tal modo que conhecendo um indicador, é possível saber o comportamento do outro, pois isso auxilia a redução de informação que dispersa a importância relativa entre eles;
- e) Quantificável: Indicadores expressos por números, pois expressões qualitativas que não estão suficientemente claras para que possam ser expressas por números deixam uma margem para interpretação, que pode levar a erros tanto na coleta de dados quanto nos cálculos dos indicadores;
- f) Compreensível: Indicadores devem ser simples e inteligíveis para tornar fácil a comunicação para os demais funcionários da empresa, pois indicadores complexos fazem com que os funcionários não entendam o que está sendo medido, e conseqüentemente, o que devem fazer para atingir as metas estabelecidas;
- g) Controláveis: Indicadores são meios para orientar melhorias que devem ser feitas para o atingimento dos objetivos operacionais, táticos e estratégicos, tendo a função de mostrar quando e onde devem ser colocadas ações corretivas para que o resultado desejado se aproxime da meta estabelecida;
- h) Rastreável: Levar ao foco do problema para se combater as causas do problema e não os efeitos do problema, baseando a análise em fatos e dados e não apenas em avaliações qualitativas.

2.2.4 Gestão Visual

De acordo com Formoso (2020), a gestão visual é definida como um conjunto de práticas que visam a aumentar a transparência dos processos, que é um dos princípios básicos da filosofia do *lean manufacturing*, buscando com que os processos sejam visíveis e compreensíveis do início ao fim, através de meios físicos e organizacionais, medições e exibição pública de informação. Para Amorim (2016), a gestão visual busca aumentar o

conhecimento de informações para o maior número de pessoas possíveis, assim como reforçar a autonomia dos funcionários, no sentido de enriquecer os relacionamentos ao tornar o compartilhamento das informações parte da cultura da empresa.

Segundo Werkema (2011), a gestão visual é a colocação em local fácil de ver todas as ferramentas, peças, atividades de produção e indicadores de desempenho do sistema de produção, de modo que a situação do sistema possa ser entendida rapidamente por todos envolvidos. De acordo com Gaspar *et al.* (2020), a gestão visual pode ser estruturada desde o nível operacional até o nível de liderança.

Figura 3: Exemplo de quadro de gestão visual

CÉLULA I											
Pessoas	Capacidade máxima	Meta planejada	Produção realizada	Meta acumulada	Produção acumulada	Estoque processo	Lead-time atravessando	Problemas		Total prod.	Problemas e situações (desc.)
								Descrição	Qt.		
5											
Periodo	64	48				4	40,0		0,0%		
0 a 1	8	6	6	6	6	3	34		0	6	
1 a 2	8	6	6	12	12	3	36		0	6	
2 a 3	8	6	7	18	19	4	34		0	7	
3 a 4	8	6	6	24	25	5	44	Estoque alto	0	6	Respeitar o Kanban
4 a 5	8	6	4	30	29	3	32	Material fora espec.	2	6	Alertar o Romualdo
5 a 6	8	6	3	36	32	4	34	Material fora espec.	3	6	Alertar o Romualdo
6 a 7	8	6	7	42	39	3	30		0	7	
7 a 8	8	6	8	48	47	3	31		0	8	
	64	48	47			3,6	36		6,5%	31	
SE	MATERIAL FORA DA ESPECIFICAÇÃO										
ENTÃO	AVISAR ROMUALDO										

Fonte: Costa *et al.* (2017)

Torres *et al.* (2019) definem o gerenciamento visual como um sistema de melhoria organizacional que pode ser usado em todo o tipo de organização para focar a atenção naquilo que é importante e melhorar as performances de maneira geral. Hertle *et al.* (2015) destacam que a gestão visual pode ser usada como método de melhora dos *KPI*, e também utilizada para o desenvolvimento dos líderes e demais funcionários e para dar suporte para outras atividades do *lean*.

Segundo Batalha (2019), o controle visual auxilia os trabalhadores que desejam fazer um bom trabalho a ver imediatamente como o estão executando, e também garante a rápida execução e acompanhamento de operações e processos. Werkema (2011) destaca que o uso da gestão visual nas organizações resulta em alguns benefícios que são listados abaixo:

- a) Aumento da rapidez de resposta na ocorrência de anomalias;
- b) Aumento da conscientização para a eliminação de desperdícios;
- c) Melhoria na comunicação entre departamentos e turnos de trabalho e do *feedback* entre operadores, supervisores e gerentes;
- d) Melhoria na compreensão sobre o funcionamento da produção;
- e) Melhoria na capacidade de estabelecer e apresentar prioridades de trabalho;
- f) Visualização imediata de alcance – ou não – da meta estabelecida para a performance diária dos processos;
- g) Visualização imediata dos procedimentos operacionais padrão utilizados.

A lógica de gestão visual objetiva a ampliação da capacidade de tratamento de informações no chão de fábrica e a redução do *feedback* para as ações de controle dentro do sistema (ANTUNES, 2011). De acordo com Costa *et al.* (2017), a gestão visual é uma ferramenta de baixo custo e com alto padrão de influência no resultado esperado.

Simas (2016) destaca que para a sustentação da gestão visual, recorre-se a dois tipos de ferramentas para auxiliar os operadores na execução de tarefas e a verificação de anomalias em um processo:

- a) Ferramentas de desempenho dos processos: ferramentas relacionadas com o *feedback* do desempenho do processo, controlando a eficiência e eficácia dos processos. Ex.: *andon lights e bords, kanban, KPIs screen*, entre outros;
- b) Ferramentas de entendimento de processos: ferramentas vocacionadas para uma melhor interpretação dos processos. Ex.: *value stream mapping, flow charts, A3 e area name boards*.

Segundo Krupahtz (2020), quando o processo for mais visual, maiores serão as chances de compreensão e de tomadas de decisão, podendo deixar os processos mais práticos e aderentes à inovação. Glasworth (1997) faz uma classificação de quatro categorias para os diferentes tipos de dispositivos visuais, de acordo com o grau de controle exercido por cada uma delas, apresentados na Tabela 2 e organizadas em ordem decrescente do grau de controle.

Tabela 2 - Práticas de gestão visual de acordo com grau de controle

Indicador Visual	Sinal Visual	Controle Visual	Garantia Visual
Forma mais passiva do dispositivo visual; Só fornece informações, sendo a adesão ao conteúdo voluntária.	Primeiro chamar a atenção e, em seguida entrega a sua mensagem. Sinaliza e atrai a atenção por estímulos visuais	Passa de comportamento opcional para exigido, restringindo escolhas com limites físicos. Controla e limita a resposta humana com restrições, como, por exemplo, altura, tamanho, etc.	Trata-se de dispositivos à prova de erro, que impedem que o operador realize alguma ação. Também conhecidos como <i>poka-yoke</i> . Evitam que erros sejam cometidos ou impedem o prosseguimento do processo em caso de detecção.
Ex.: placa de trânsito, instrução de trabalho do processo.	Ex.: semáforo, sirenes de caminhão em movimento no canteiro de obra, lança luzes.	Ex.: linhas de estacionamento, bordas de percurso.	Ex.: bomba de combustível, movimento de elevadores impedido com porta aberta

Fonte: adaptado de Glasworth (1997).

Conforme Esmério (2019), a maioria das ferramentas do *lean manufacturing* são grandes aliadas da gestão visual, pois buscam mostrar de forma clara o que está acontecendo nas áreas para que todos tenham conhecimento dos acontecimentos em tempo presente. A mesma autora ainda destaca que a gestão visual serve para que os líderes ou gestores compreendam a situação de forma simples para tomar as decisões corretas.

2.3 ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL

Antunes *et al.* (2012) destacam que com a criação do STP, foram desenvolvidas ferramentas para eliminar os desperdícios existentes no fluxo da produção com vistas a aumentar a produtividade e obter melhores resultados operacionais, destacando entre essas ferramentas a Manutenção Produtiva Total (MPT). Segundo Antunes (2011), a ideia de eficiência dos equipamentos surgiu no desenvolvimento do sistema MPT, e especificamente, a terminologia do IROG foi desenvolvida por Seiichi Nakajima, para auxiliar a entender melhor como está o desempenho da área da manufatura e a identificar qual a máxima eficiência possível de ser atingida.

Nakajima (1989) destaca que o MPT é a manutenção conduzida com a participação de todos e seu processo significa:

- a) A busca da maximização do rendimento operacional das máquinas e equipamentos;
- b) Um sistema total que engloba todo o ciclo de vida útil da máquina e do equipamento;
- c) Um sistema onde participam o *staff*, a produção e a manutenção;
- d) Um sistema que congrega a participação de todos, desde a alta direção até o nível operacional;
- e) Um movimento rotacional na forma de trabalho em grupo pela condução de atividades voluntárias.

Gasperin *et al.* (2006) destacam que o IROG vem se consolidando como indicador capaz de medir a disponibilidade dos equipamentos já existentes, e conseqüentemente, a necessidade ou não da aquisição de novos equipamentos, e que o seu uso contribui para o conhecimento real do rendimento, eficiência da produção e disponibilidade do grupo de máquinas. Antunes (2011) destaca que o uso da metodologia IROG possibilita a melhoria contínua nos postos de trabalho, contribuindo de forma clara e objetiva para o entendimento das perdas durante a produção.

Para as perdas de produção, Nakajima (1989) definiu seis grandes perdas que influenciam diretamente na produtividade dos equipamentos:

- a) Perda por quebra, caracterizada pela parada de função, ou quando o equipamento fica indisponível por um determinado tempo, até que se restabeleça a condição original e se inicie novamente a operação, seja pela atividade da manutenção, *preset*, engenharia ou outro departamento;
- b) Perda por *setup* e regulagens, relacionadas à mudança de produtos e regulagens até que seja concluído o *setup*. Cabe salientar que as regulagens feitas depois de concluído o *setup* devem ser caracterizadas como perdas, mas relacionadas à perda por quebra. A regulagem, é, de modo geral, responsável pela maior parte do tempo perdido;
- c) Perda por ociosidade e pequenas paradas, caracterizada por interrupções dos ciclos dos equipamentos; paradas intermitentes de linhas de produção gerando partidas e paradas constantes. Diferente da perda por quebra por apresentar interrupções de tempo relativamente curtas;

- d) Perda por redução de velocidade, quando a velocidade real é menor que a velocidade teórica ou de engenharia, implicando em tempos elevados de ciclo. Essas perdas podem ser ocasionadas por problemas de manutenção, operação, qualidade ou processo, que levam os operadores e técnicos de manutenção, entre outros, a reduzirem velocidades de trabalho dos equipamentos, permitindo que eles se mantenham em operação, encobrando, porém, as reais causas do problema;
- e) Perda por problemas de qualidade e retrabalho, relacionadas à geração de produtos não conformes, causada pelo mau funcionamento dos equipamentos;
- f) Perda por queda de rendimento, relacionadas às restrições técnicas dos equipamentos, que exigem um período para estabilização das condições dos equipamentos após períodos de parada.

Antunes *et al.* (2012) destacam que o IROG é utilizado para medir a eficiência operacional dos equipamentos, através da multiplicação dos índices de disponibilidade (ITO), desempenho (IPO) e qualidade (IPA).

Em uma empresa industrial, a capacidade de um determinado equipamento representa a oferta de tempo disponível para a execução da produção, encontrando-se relacionada à função operação (ANTUNES, 2011), esta capacidade em unidade de tempo é representada pela equação (1):

$$C = T_t \times \mu_{global} \quad (1)$$

onde:

C = capacidade do equipamento (unidade de tempo),

T_t = tempo total disponível para a produção (unidade de tempo),

μ_{global} = índice de rendimento operacional global do equipamento (adimensional).

Com um raciocínio similar, a demanda de tempo para a realização da produção de produtos, nesse mesmo equipamento, está intimamente relacionada à função processo, podendo ser calculada através da equação (2) (ANTUNES, 2011):

$$D = \sum_{i=1}^N tp_i \times q_i \quad (2)$$

onde:

D = demanda de produtos no equipamento (unidade de tempo),

N = número de ocorrências do item i ,

tp_i = taxa de processamento do item i no equipamento (unidade de tempo por unidade de produção),

q_i = quantidade produzida do item i no equipamento (unidade de produção).

Para equipamentos que processam uma peça de cada vez, a taxa de processamento do item (tp) é igual ao tempo de processamento. Para equipamentos onde várias peças estão sendo processadas simultaneamente, a utilização da taxa de processamento é necessária. Intuitivamente, pode se dizer que, em um recurso gargalo, a capacidade de produção é igual à demanda por produtos no equipamento, logo, se $C = D$, obtém-se a equação (3) (ANTUNES, 2011):

$$T_t \times \mu_g = \sum_{i=1}^N tp_i \times q_i \quad (3)$$

Isolando-se o coeficiente de eficiência, pode se obter a equação (4), que define o índice de rendimento operacional global do equipamento (ANTUNES, 2011):

$$\mu_g^{maq} = \frac{\sum_{i=1}^N tp_i \times q_i}{T_t} \quad (4)$$

onde:

i = item produzido até o limite N ,

N = número de ocorrências do item i ,

tp_i = tempo de ciclo do item i ,

q_i = quantidade de peças do item i produzida,

T_t = tempo disponível para produção.

Antunes (2011), destaca que a partir da equação (4), pode se dizer que:

- A eficiência da máquina irá variar entre os valores de 0 e 1, podendo ser expressa em termos percentuais;
- O índice de rendimento operacional global do equipamento representa a razão entre o tempo de valor agregado, em termos de peças ou produtos (numerador), pelo tempo total para se realizar a produção no equipamento (denominador);

- c) O tempo total pode ser estabelecido de acordo com a necessidade de utilização do equipamento. O tempo total deve ser considerado de forma distinta em função de este recurso ser considerado gargalo ou não;
- d) Se o recurso for considerado gargalo, torna-se necessário considerar a chamada produtividade total efetiva do equipamento (TEEP), ilustrado na Figura 4. Neste caso, a ideia central é que o tempo total disponível para um recurso gargalo seja o tempo total passível de ser alocado para o equipamento, possibilitando a afirmação que não deve ser excluído nenhum tipo de parada programada. Sendo assim, a situação ideal seria considerar as 24 horas diárias disponíveis, durante sete dias por semana, caso a demanda do mercado justifique. Para as máquinas críticas ou gargalos, a essência da tarefa gerencial consiste em aumentar sistematicamente o índice de eficiência global dos equipamentos ao longo do tempo. Essas melhorias irão, conceitual e praticamente, aumentar o desempenho geral do sistema produtivo, até o momento em que este recurso passar a não ser considerado mais crítico.
- e) Se o recurso for considerado não-gargalo, torna-se necessário considerar a chamada eficiência global do equipamento (OEE), ilustrado na Figura 4. Para os equipamentos ou recursos não-críticos, o tempo total disponível é calculado subtraindo-se o tempo total das chamadas paradas programadas. Esta distinção é necessária, pois os recursos não-críticos não precisam e não devem funcionar em tempo integral. Caso contrário, isto levaria, segundo a Teoria das Restrições, à constituição de estoques em excesso nos sistemas produtivos. Sob o prisma conceitual, o OEE mensura a eficácia da utilização do equipamento no tempo requisitado ou programado para a produção. Para os recursos não-críticos, a ideia de melhorar o OEE pode, em certas circunstâncias, reduzir os custos globais envolvidos no processo. O incremento do OEE também é essencial para aumentar a capacidade da fábrica.

Segundo Antunes *et al.* (2012), o IROG não deve ser calculado da mesma maneira para todos os postos de trabalho. Ainda de acordo com os mesmos autores, o conceito do TEEP deve ser assumido nos postos de trabalhos restritivos, onde nesse caso o tempo disponível para produção corresponde ao tempo de calendário, não se admitindo nenhuma

parada programada. A equação (5) ilustra como deve ser calculada a produtividade real do sistema produtivo em sua restrição (ANTUNES *et al.*, 2012):

$$\mu_{TEEP} = \frac{\sum_{i=1}^N tp_i \times q_i}{Tempo\ Calendário} \quad (5)$$

onde:

i = item produzido até o limite N,

N = número de ocorrências do item i,

tp_i = tempo de ciclo do item i,

q_i = quantidade de peças do item i produzida,

Tempo Calendário = corresponde ao tempo em que a empresa está disponível para produzir, podendo ser, por exemplo, coincidente com o horário administrativo ou horário de um, dois ou três turnos de produção, em função dos turnos de produção existentes na empresa.

Antunes *et al.* (2012) ressalta que para os postos de trabalhos restritivos, a situação ideal é de operá-los durante todo o tempo de calendário da empresa, sendo uma função gerencial aumentar sistematicamente a sua eficiência. Os mesmos autores destacam que o aumento dessa eficiência tem como consequência o aumento do desempenho produtivo como um todo, até o momento em que esse posto de trabalho não será mais a restrição do sistema.

Antunes *et al.* (2012) destacam que para o cálculo do IROG nos demais postos de trabalho é utilizado o conceito do OEE. Para esse caso, o tempo disponível para produção corresponde ao tempo de calendário subtraído do tempo total de paradas programadas. Esses postos de trabalho não precisam e não devem funcionar em tempo integral (tempo de calendário), pois irão gerar estoques intermediários desnecessários.

O OEE deve ser entendido como a maneira como o sistema funcionou quando foi requisitado a trabalhar, sendo calculado pela equação (6) (ANTUNES *et al.*, 2012):

$$\mu_{OEE} = \frac{\sum_{i=1}^N tp_i \times q_i}{Tempo\ Programado} \quad (6)$$

onde:

i = item produzido até o limite N,

N = número de ocorrências do item i,

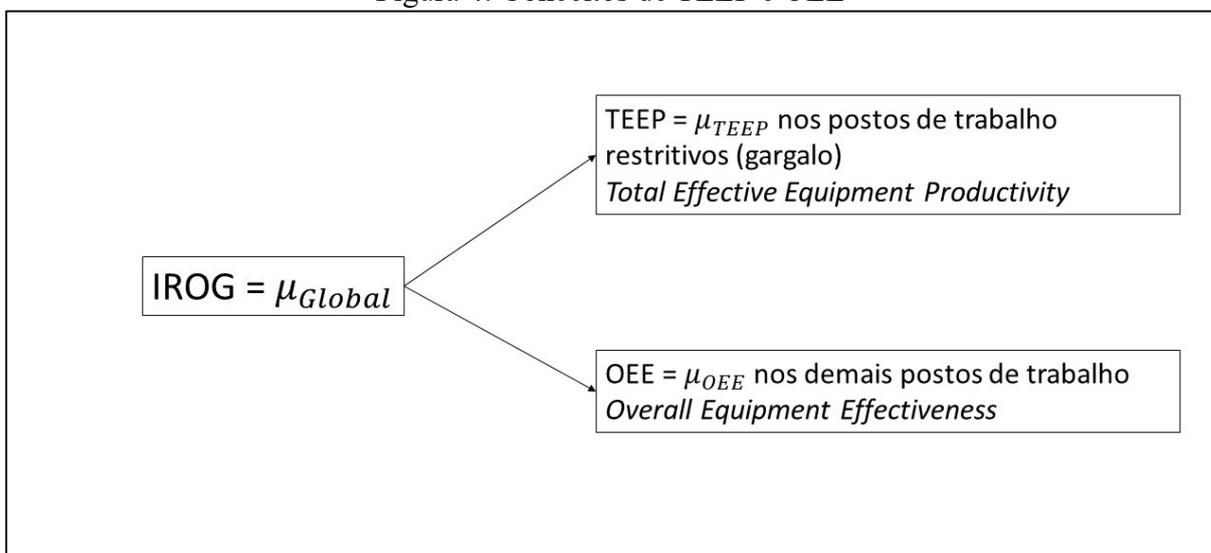
tp_i = tempo de ciclo do item i,

q_i = quantidade de peças do item i produzida,

Tempo Programado = corresponde ao tempo calendário subtraído das paradas programadas.

A Figura 4 exemplifica os dois conceitos utilizados na metodologia do IROG, ilustrando que a diferença entre eles está na definição dos tempos em que estes postos de trabalho operam.

Figura 4: Conceitos de TEEP e OEE



Fonte: Adaptado de Antunes et al. (2012).

2.3.1 Cálculo do IROG

Conforme descrito anteriormente, o IROG é o resultado da multiplicação de outros três índices, conforme equação (7), que são discutidos a seguir (ANTUNES, 2011):

$$\mu_{global} = \mu_1 \times \mu_2 \times \mu_3 \quad (7)$$

onde:

μ_1 = índice de tempo operacional (ITO),

μ_2 = índice de performance operacional (IPO),

μ_3 = índice de qualidade (IPA).

2.3.1.1 Índice de disponibilidade (ITO)

O ITO corresponde ao tempo em que o equipamento ficou disponível para produção, excluindo-se as paradas não programadas. É relacionado à paralisação do equipamento, isto é, quando a velocidade do mesmo cai a zero. Se o posto de trabalho for um recurso restritivo, o tempo considerado para produção é o tempo de calendário, se o posto de trabalho não for um

recurso restritivo, o tempo considerado para produção é o tempo programado. Esse índice é calculado de acordo com a equação (8) (ANTUNES, 2011):

$$\mu_1 = \frac{T_t - \sum_{j=1}^P TNP_j}{T_t} \quad (8)$$

onde:

T_t = tempo total disponível (ou programado) para a produção,

$\sum_{j=1}^P TNP_j$ = tempo total de paradas não programadas.

Antunes (2011) destaca que, um baixo valor de ITO indica que o equipamento sofreu muitas paradas não programadas, e conseqüentemente, maior será o potencial de aumento da utilização do posto de trabalho através de ciclos de melhoria.

Os postos de trabalho que processam pouca variedade de peças tendem a ter um ITO muito elevado, devido à pouca necessidade de paradas para *setup*, por outro lado, quando há grande variedade de peças, são exigidos muitos *setups*, e as paradas tendem a aumentar consideravelmente.

Antunes (2011) ainda ressalta que o Tempo Disponível se refere ao tempo em que o recurso ficou disponível, conforme programado. Se for um recurso gargalo e a demanda assim justificar, idealmente será de 24 horas/dia, durante sete dias por semana (10.080 minutos/semana). No entanto, quando o recurso não for gargalo, e que por exemplo, a demanda justifique a programação do recurso apenas entre segunda e quinta-feira, durante dois turnos de oito horas por dia, o Tempo Disponível será de 64 horas (3.480 minutos). É importante ressaltar, que em qualquer um dos casos, o raciocínio não se altera, ou seja, se em um determinado turno programado, o recurso não operar, ele estará perdendo eficiência, pois havendo uma programação de operação, o recurso é considerado disponível, devendo o Tempo Disponível permanecer o mesmo.

2.3.1.2 Índice de desempenho (IPO)

O IPO expressa o desempenho do posto de trabalho ou recurso e é calculado em função do tempo total disponível em que o recurso produz itens conformes e itens não conformes, do tempo de reduções da velocidade de produção, de operações em vazio e de

paradas momentâneas. Este índice é relacionado, portanto, à queda de velocidade do recurso (velocidade nominal e diferente de zero) e é expresso pela equação (9) (ANTUNES, 2011):

$$\mu_2 = \frac{T_t - \sum_{k=1}^Q QV_k}{T_t} \quad (9)$$

onde:

T_t = tempo total disponível (ou programado) para a produção,

$\sum_{k=1}^Q QV_k$ = tempo total de quedas de velocidade.

Antunes (2011) destaca que existem algumas causas para que o cálculo do IPO atinja um valor reduzido:

- a) Causas técnicas, como por exemplo, operações em vazio por falta de alimentação de peças ou tempo de ciclo muito alto – com conseqüente redução da velocidade de processamento – em função da falta de treinamento do operador, ocorrendo tempo de agregação de valor, porém não ao ritmo do tempo de ciclo;
- b) Falta de anotação no diário de bordo, quando o operador não registra os motivos das paradas ou marcação errada das paradas em sistemas MES. Neste caso, é necessário melhorar a precisão das paradas coletadas, uma vez que estas paradas deveriam reduzir μ_1 , e não μ_2 .

Antunes *et al.* (2012) destacam por outro lado, que existem distorções que afetam o valor desse índice para mais ou para menos:

- a) O IPO pode sofrer distorções caso os tempos de ciclo registrados no sistema sejam diferentes dos tempos de ciclos reais;
- b) Se uma fração do tempo durante o qual o posto de trabalho estiver parado for registrado como tempo em que o posto de trabalho está operando, será obtida, em relação ao tempo registrado como programado para produção, uma produção menor que a prevista, o que causará uma queda no IPO do posto de trabalho durante a sua operação. Por outro lado, se ocorrer o inverso, um aumento no valor do IPO será registrado no posto de trabalho durante a sua operação;
- c) É registrada uma quantidade menor do que a realmente produzida durante o tempo programado para a produção, ocasionando a queda do valor do IPO no posto de trabalho. Por outro lado, uma quantidade maior registrada durante o tempo programado, aumentará o valor do IPO.

Para evitar essas distorções, é necessário trabalhar para a validação do modelo, ou seja, para corrigir todos os pontos considerados nos itens anteriores. Isso é fundamental para dar credibilidade à mensuração do IPO (ANTUNES *et al.*, 2012).

2.3.1.3 Índice de qualidade (IPA)

O IPA está relacionado com a qualidade dos itens produzidos. É calculado em função do tempo de operação real e do tempo gasto com refugos e/ou retrabalhos e é expresso pela equação (10) (ANTUNES, 2011):

$$\mu_3 = \frac{TOR - \sum_{m=1}^R TRR_m}{TOR} \quad (10)$$

onde:

TOR = tempo total utilizado em produção,

$\sum_{m=1}^R TRR_m$ = tempo total gasto com refugo e/ou retrabalho.

Uma forma alternativa de cálculo para o IPA é dada em função das quantidades produzidas conformes e não conformes, apresentado na equação (11) (ANTUNES, 2011):

$$\mu_3 = \frac{PB - PRR}{PB} \quad (11)$$

onde:

PB = total de peças boas produzidas,

PRR = total de peças refugadas e/ou retrabalhadas.

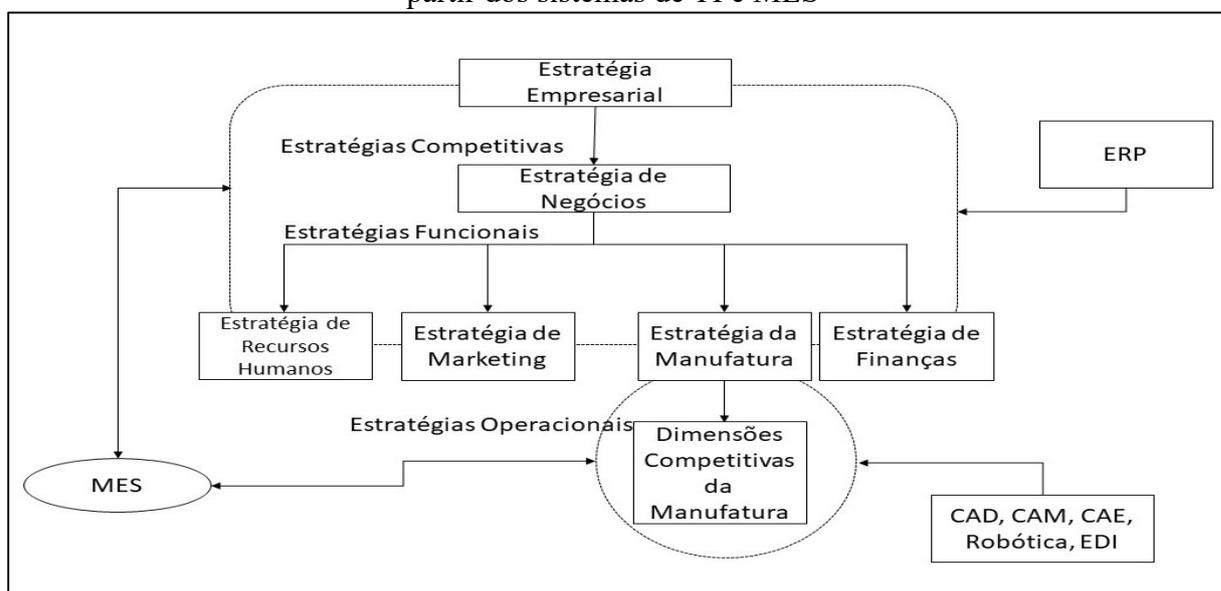
De acordo com Antunes *et al.* (2012), valores baixos do IPA são obtidos quando há muitos ajustes gerando retrabalhos e refugos após uma operação de *setup*, ou quando é produzida grande quantidade de itens fora de especificação. Antunes (2011) também destaca que o IPA está relacionado à qualidade das operações do recurso, sendo normalmente de fácil visualização. Em geral, o equipamento é imediatamente paralisado após a constatação da fabricação de produtos defeituosos, para correção do defeito que está originando o retrabalho ou refugo.

2.4 MANUFACTURING EXECUTION SYSTEMS (MES)

O Sistema de Execução da Manufatura (MES – *Manufacturing Execution System*) é uma ferramenta de controle de produção aplicada no chão de fábrica que permite visualizar e monitorar processos em tempo real, fornecendo informações que levam a uma melhor eficiência operacional (VANDERLEI *et al.*, 2009). Os autores ainda pontuam que o MES é uma ferramenta de tomada de decisão que se baseia em dados obtidos em tempo real de pontos chaves do processo.

Segundo Neves (2011), as estratégias das empresas e a área de atuação das várias TIs utilizadas na manufatura chegam a atingir as áreas funcionais da empresa, como a manufatura, mas não alcançam a área da alta gestão, e da mesma forma ocorre com a TI de gestão empresarial que atua nas áreas funcionais e não atinge a área da manufatura. Para isso, o sistema MES preenche essas lacunas existentes integrando as TIs do chão de fábrica à gestão da empresa, envolvendo todas as áreas funcionais conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5: Integração das estratégias de gestão empresarial com as dimensões na manufatura a partir dos sistemas de TI e MES



Fonte: adaptado de Neves (2011).

Conforme Vanderlei *et al.* (2009), o MES trabalha relacionado a diversas atividades da produção, como por exemplo, ordens de produção, fluxo de materiais, qualidade, matéria-prima, padrões de operação, operador, manutenção, entre outros, e funciona integrado com o ERP trabalhando de maneira complementar. Segundo Neves (2011), ao utilizar dados atualizados e precisos, o MES dirige, inicia, responde e envia relatórios das atividades do

chão de fábrica de forma rápida, fazendo com que o resultado dessa resposta a rápidas condições de mudança, somado ao fato de reduzir atividades que não agregam valor, dirijam efetivamente as atividades do chão de fábrica e seus processos.

O MES compreende doze funcionalidades de acordo com a organização Mesa (VANDERLEI, 2009):

- a) Análise de desempenho;
- b) Coleta de dados e registros;
- c) Gerenciamento da qualidade;
- d) Gerenciamento de documentos;
- e) Gerenciamento de manutenção;
- f) Gerenciamento de mão de obra direta;
- g) Gerenciamento de materiais;
- h) Gerenciamento de processos;
- i) Gerenciamento de recursos;
- j) Planejamento detalhado;
- k) Rastreabilidade e genealogia do produto;
- l) Registro e viabilidade dos recursos.

O MES ainda tem como propósito controlar e melhorar todos os aspectos que influenciam no processo de produção, de maneira a alcançar alta flexibilidade e baixos custos de produção (NEVES, 2011). Vanderlei (2009) também destaca que com a aplicação do MES potenciais benefícios podem ser considerados, tais como: melhoria dos prazos de entrega, redução do tempo de produção, redução de inventário em processo, melhora do desempenho dos recursos, informação em tempo real sobre as ordens de produção, melhora da qualidade de decisões, redução de custo, elimina ou reduz controles em papel, melhora utilização de recursos, melhora da qualidade, entre outros.

3 PROPOSTA DE TRABALHO

O presente capítulo apresenta a proposta de trabalho, com a descrição detalhada das etapas e cronograma a serem seguidos para a obtenção do sucesso dos objetivos propostos, com a utilização dos conceitos até agora estudados. Também é descrito o cenário atual do processo produtivo na empresa Aço Peças Demore, destacando os métodos atualmente utilizados para a coleta e análise de dados, bem como os seus pontos fortes e possíveis pontos de melhorias.

3.1 CENÁRIO ATUAL

O presente trabalho tem o intuito de implementar o cálculo do IROG em máquinas de usinagem CNC, que já possuem um sistema MES de coleta de dados, utilizando as ferramentas do SFM. Como já mencionado neste trabalho, a empresa tem uma divisão por família de máquinas com cinco diferentes grandes grupos, sendo escolhido o grupo de Centro de Usinagem Vertical, em uma célula específica de quatro máquinas, ilustradas na Figura 6, possibilitando uma melhor avaliação do método proposto e seus resultados, uma vez que a empresa conta com mais de 120 máquinas de usinagem CNC no seu parque fabril.

Figura 6: Célula de centros de usinagem vertical Doosan



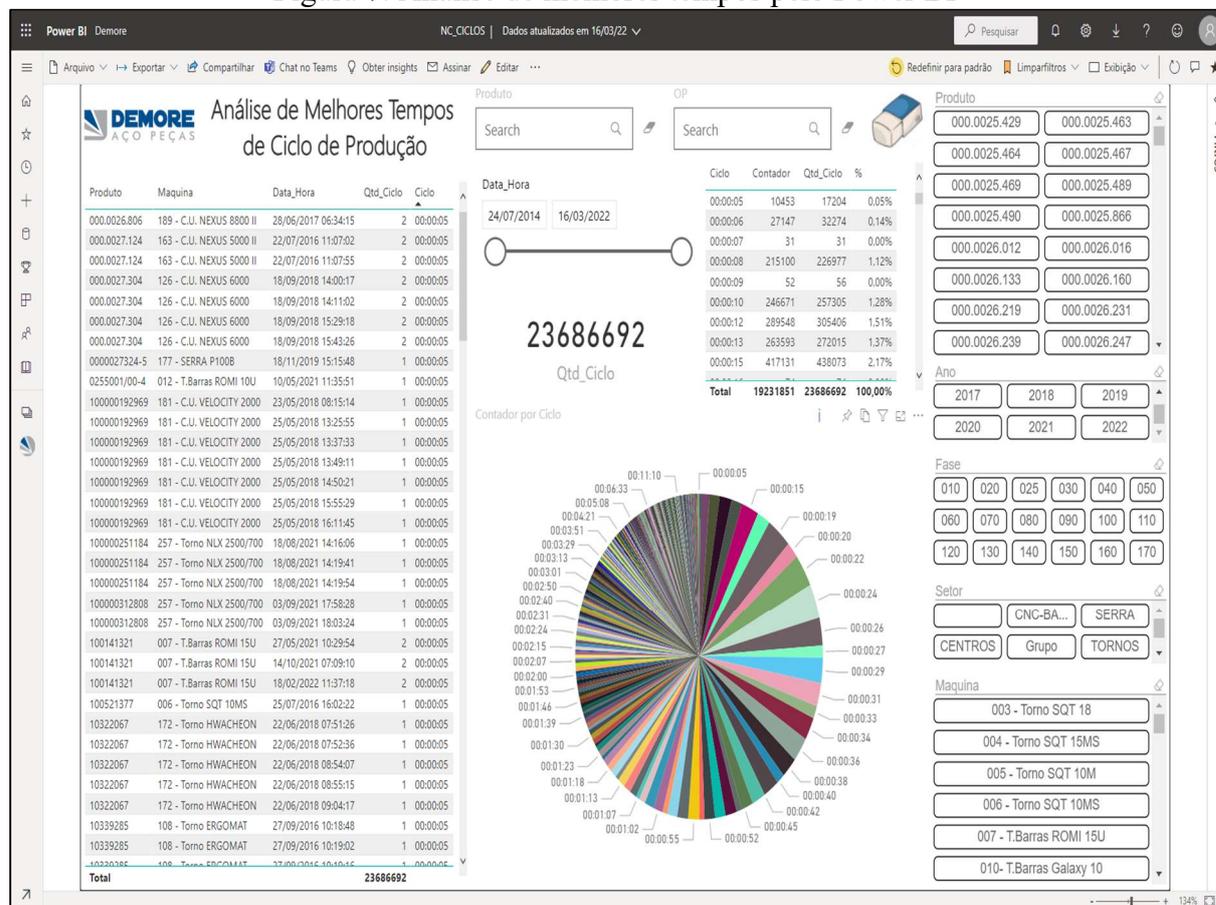
Fonte: Banco de dados Aço Peças Demore (2022).

Atualmente, a empresa tem um setor responsável pela coleta e análise de dados de produção de suas máquinas CNC através de um sistema MES, onde é controlada a eficiência em tempo real dos equipamentos, todavia, o cálculo do IROG não é realizado. O sistema MES fornece o OEE para alguns equipamentos, porém os resultados não se mostram verdadeiros, pois não consideram os valores dos índices μ_1 , μ_2 e μ_3 corretamente, conforme descritos no capítulo dois.

A gestão da produção da empresa é realizada por dois gerentes industriais, responsáveis pela gestão das pessoas e pelo cumprimento dos planos de ações. Para melhor utilização dos recursos, a gestão de produção conta com o auxílio do setor de PCP, setor de Engenharia de Processo, setor de *Preset* de Ferramentas, dos líderes de setores e diretor geral da empresa.

A empresa faz o uso de um Power BI para análise dos melhores tempos de ciclo de produção, conforme Figura 7, onde o ciclo de todas as peças usinadas em máquinas que possuem o sistema MES são contabilizados automaticamente.

Figura 7: Análise de melhores tempos pelo Power BI



Fonte: Banco de dados Aço Peças Demore (2022).

A verificação dos melhores tempos para cada operação por peça é realizada pelo setor de TI no Power BI, sendo esse tempo cadastrado para cada operação, bem como o equipamento que foi utilizado, no sistema ERP da empresa, conforme Figura 8.

Figura 8: Exemplo de cadastro de tempos no sistema ERP

Roteiro	Fase	Setor	Operação	Máquina	T. Operação	Tempo Troca	Tempo Ciclo
0 Padrão	30	101 TCNC - TORNO CNC	106 USINAR	094 TORNO CNC HYUNDAI HIT - 18F	00:02:33	00:00:15	00:02:48
0 Padrão	40	101 TCNC - TORNO CNC	106 USINAR	094 TORNO CNC HYUNDAI HIT - 18F	00:03:31	00:00:15	00:03:46
0 Padrão	50	100 C.U - CENTRO USINAGEM	106 USINAR	168 C.U. DOOSAN 3016L	00:06:04	00:00:30	00:06:34

Operação:

Tempo unitário (min):

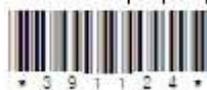
Descrição complementar:

Qtde. peças Ciclo:

Fonte: Banco de dados Aço Peças Demore (2022).

Essa mesma informação também fica disponível nas ordens de produção que acompanham o item durante a sua produção, conforme Figura 9, para visualização de todos os colaboradores da empresa.

Figura 9: Exemplo de ordem de produção

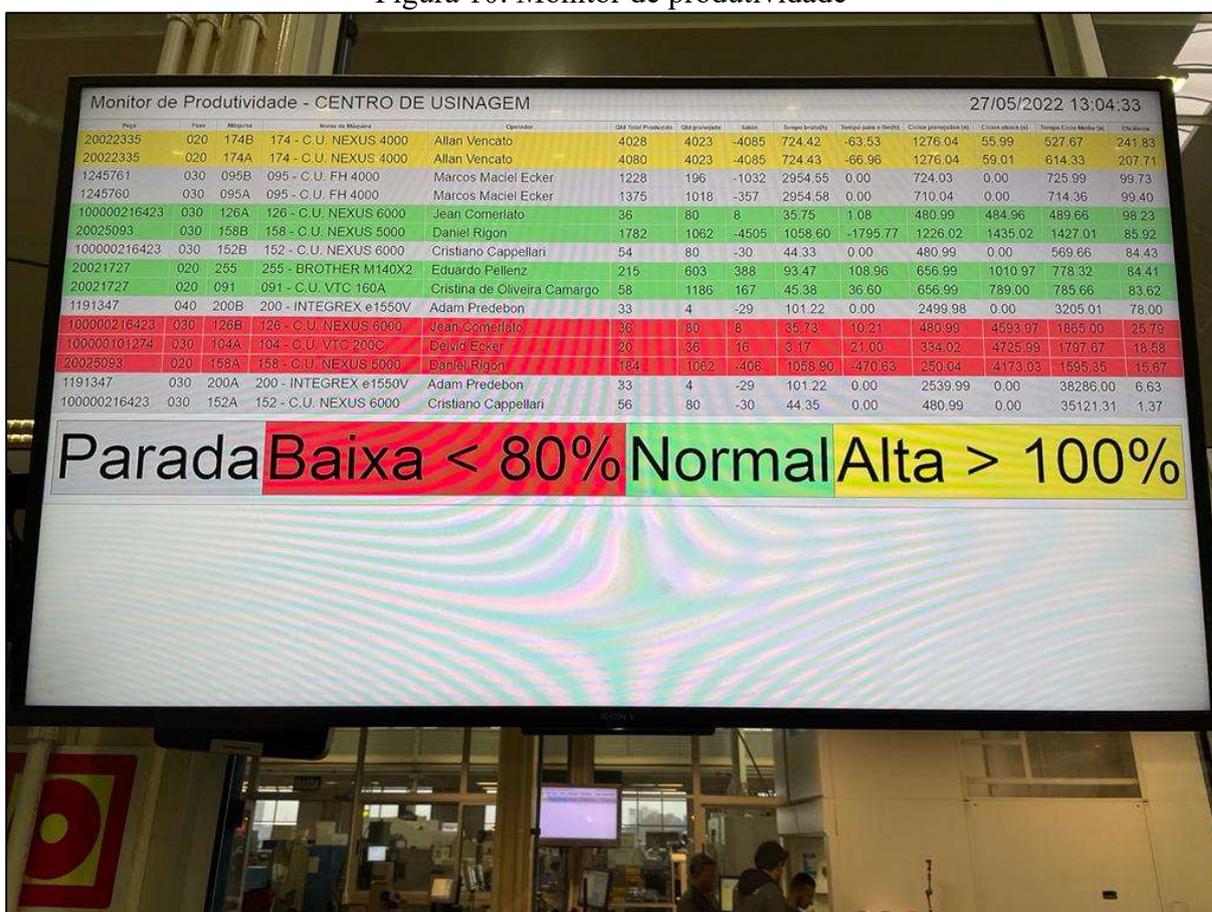
AÇO PEÇAS DEMORE			CONTROLE DE PRODUÇÃO 391124 1 RD 12/5							
PRODUTO	81001180	89900004 TUBO USINADO Ø127X19X1638			VR	AD Int.				
DATA EMISSÃO	30/05/22	DATA ENTREGA	31/05/22							
DATA INICIO		DATA FIM								
TIPO INSPEÇÃO		4 Permanente								
OBSERVAÇÕES:		CONFORME E-MAIL GELSON 30/05/2022								
QTDE. A PRODUZIR		10,00		QTDE. PRODUZIDA						
Fas	SETOR/FORNECEDOR	Qtde	INFORMAÇÃO COMPLEMENTAR	MÁQ	T. USIN.	T. TROCA	T.CICLO	DATA	CRACH	VISTO
10	188 ENG - ENGENHARIA		SEPARAR DESENHO							
20	111 SER - SERRA AUTOM/		SERRAR COM 1842mm							
30	101 TCNC - TORNO CNC			248	00:02:30	00:01:22	00:03:53			
40	115 CQ - CONTROLE DA Q		INSPEÇÃO FINAL							
50	2 PP - PRODUTOS PRO		BANHAR COM OLEO PROTETIVO							
60	2 PP - PRODUTOS PRO		ESTOCAR CONFORME TAB. DE ACONDICH							

Fonte: Banco de dados Aço Peças Demore (2022).

Com base nessas informações, a programação dos itens a serem usinados em cada equipamento é sempre direcionada, quando possível, para as máquinas ideais. No entanto, quando são recebidos os pedidos firmes dos itens manufaturados que não possuem máquinas dedicadas para sua produção, é realizado uma análise de cada item pelo gerente industrial, analista de PCP e líder do setor para definir a máquina a ser utilizada para a produção do item, bem como o sequenciamento de peças que as máquinas devem seguir. Alguns clientes fornecem uma previsão de demanda dos itens que pode ser considerada nesta programação.

O controle da eficiência de produção de cada item é analisado em tempo real pelo setor da TI. Também é disponibilizado em tempo real em algumas partes da fábrica por meio de telas, conforme ilustrado na Figura 10, para os líderes de setores e próprios operadores verificarem a eficiência do equipamento em tempo real.

Figura 10: Monitor de produtividade



Fonte: Banco de dados Aço Peças Demore (2022).

A eficiência mostrada no monitor de produtividade da Figura 10, é calculada e atualizada de minuto em minuto pelo sistema MES de acordo com a equação (12):

$$\% \text{ eficiência} = \frac{QR}{QO} \quad (12)$$

onde:

QO = Quantidade objetivo

QR = Quantidade realizada

sendo QO e QR calculados pelas equações (13) e (14):

$$QO = \frac{TM}{\text{Ciclo Objetivo}} \quad (13)$$

$$QR = \frac{TM}{\text{Ciclo Realizado}} \quad (14)$$

onde:

TM = Variável tempo disponível para produção em minutos utilizado no cálculo por máquina.

O controle dos tempos de paradas de máquina também é gerenciado pela equipe de TI. O sistema MES permite realizar configurações para envio de avisos de máquinas paradas, de acordo com o setor e o tipo de parada, todavia não existe uma regra estabelecida. Pode-se citar um exemplo de parada, onde o sistema notifica automaticamente três níveis de gestão por uma parada de troca de ferramentas no setor de centro de usinagem, conforme a ordem descrita abaixo:

- a) 10 minutos: envia e-mail para responsável do setor de *preset* de ferramentas e mostra a parada na tela da fábrica;
- b) 20 minutos: envia e-mail para líder do setor, equipe da TI, engenharia de processo e mostra a parada na tela da fábrica;
- c) 30 minutos: envia e-mail para gerente industrial e diretor e mostra a parada na tela da fábrica.

Outra forma de visualizar uma parada de máquina ou a ação que está ocorrendo em tempo real na máquina é através de um *andon*, onde algumas máquinas que têm o sistema MES possuem um *andon*, ilustrado na Figura 11. Cada cor de luz corresponde à ação que está ocorrendo na máquina:

- a) Verde para máquina operando;
- b) Azul para máquina em manutenção;
- c) Amarelo para máquina em setup;

d) Vermelho para máquina parada.

Figura 11: Exemplo de *andon* do MES



Fonte: Banco de dados Aço Peças Demore (2022).

A visualização de máquinas paradas também pode ser realizada através de três telas que estão na fábrica, disponibilizando informações de quais máquinas estão paradas, o motivo da parada e o tempo total da parada, conforme ilustrado na Figura 12:

Figura 12: Tela de máquinas paradas

Máquina	Código	OP	Fase	Peça	Operador	Detalhamento	Tempo
172 - Torno HWACHEON	172A	386217	020	20032146	Thiago Bonato	MANUTENCAO	359:30:42
251 - Torno NEXUS 250	251	390622	040	2543612	Charles André	INICIO DE SETUP	1:32:10
148 - Torno GALAXY 30	148	389702	030	H202568	Joel Rodrigues	DESLOC OUTRA MAQ.	0:55:25
099 - Torno PUMA 150G	099	388614	080	20032146	Elisandra Zago	AGUARDANDO PROD OUTRA MAQ.	0:34:40
114 - Torno CTX 420	114	385904	060	KK60453	André Luis Teixeira	TROCA FERR / INSERTO	0:26:49
107 - Torno NEXUS 100	107	387454	060	1390214	Fabio Pelizzari	MEDICAO NA QUALIDADE	0:25:57
203 - INTEGREGX e670H	203	700950	050	10013506	Mauricio Massignani	INICIO DE SETUP	0:15:55

Parada	Setup	Manutenção
---------------	--------------	-------------------

Fonte: Banco de dados Aço Peças Demore (2022).

A empresa já possui um conjunto de tipologias de paradas de máquinas definidas e cadastradas no sistema MES, sendo importante destacar quais são essas paradas relacionando

com os seus códigos no sistema. Existe também uma divisão das paradas, sendo disponibilizados códigos de barras das principais paradas junto da máquina para apontamento do operador, conforme ilustrado no Quadro 2.

Quadro 2 - Tipologias principais de paradas de máquinas

Código de Parada	Descrição do tipo de parada
504	Ajuste programa CNC
505	Retirada de EPI
508	Auxílio a operador de outra máquina
510	Falta de ar comprimido
517	Falta de matéria-prima
521	Engenharia
522	Medição na qualidade
524	Limpeza
529	Medição na máquina / projetor
532	Intervalo
534	Remoção de cavacos máquinas / esteira
538	Reunião
549	Banheiro
556	Ajuste / fabricação de dispositivo
558	Falta ordem de produção
560	Deslocamento outra máquina
575	Troca de ferramentas / insertos
580	Fim de turno
600	Aguardando liberação cliente

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

As demais paradas ficam disponibilizadas em um caderno em cada máquina, caso houver a necessidade de um apontamento diferente, e estão ilustradas no Quadro 3.

Quadro 3 - Tipologias secundárias de paradas de máquinas

(contínua)

Código de Parada	Descrição do tipo de parada
501	Abastecimento de máquina
502	Afiação de ferramenta de corte
503	Ajuste instrumento de medição
506	Ajuste programa CAM
507	Consulta ordem de produção / roteiro
509	Falta de empilhadeira
511	Falta de desenho
512	Falta de dispositivo de fixação
513	Falta de embalagem

(conclusão)

514	Falta de energia
515	Falta de ferramenta de corte
516	Falta de instrumento de medição
518	Falta de operador
520	Falta de programa
523	Limpeza de pinça
525	Manutenção autônoma
526	Aguardando manutenção
527	Manutenção dispositivo de fixação
530	Peça trancada na máquina
531	Receber folha de pagamento
533	Regulagem de máquina
535	Aproveitamento de tocos
536	Reprogramação do PCP
537	Retrabalho
540	Verificação material da ordem
541	Teste / amostra
542	Treinamento / palestra / curso
543	Troca de dispositivo
544	Troca de embalagem
547	Problema na barra
548	Falta de óleo de corte
553	Enfermaria
554	Limpeza de vazamento de óleo
555	Troca material limpeza
558	Alarme alimentador de barra
559	Verificação de ferramentas
561	Falta equipamento (rebarbação)
562	Calibração sensor
565	Abastecimento de óleo de corte
567	Serrar peça medição
569	Preparação robô
562	Parada / erro robô
565	Abastecimento peças robô
567	Retirar peças prontas robô
573	Aguardando produto outra máquina
574	Fabricação garras robôs
576	Aguardando ponte rolante
578	Problema na pinça
579	Ajuste ferramenta
584	Rebarbar peça
586	Desenvolvimento programa
589	Aguardando ferramenta cliente
590	Falha no alimentador

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

3.1.1 Sistema MES e suas interfaces

O sistema MES trabalha fazendo a leitura do *leather* da máquina, e traz informações para o sistema de tempos de usinagem, tempo de troca de peças e tempo de paradas. O sistema também entra e sai do modo de parada automaticamente. Por exemplo, na linha a ser estudada, se a máquina ficar mais de três minutos parada, ela irá entrar em parada automaticamente, caso a parada não for apontada. Caso esteja em parada e volte a trabalhar sem apontamento, ela irá sair do modo parada automaticamente.

As interfaces de atuação do operador da máquina com o sistema são através de um painel, ilustrado na Figura 13 e um leitor de códigos de barras. O apontamento é realizado através da leitura do código de barra da ordem de produção com o código de barra da ação que está sendo realizado na máquina, seja de produção ou de alguma parada citada nos Quadros 2 e 3.

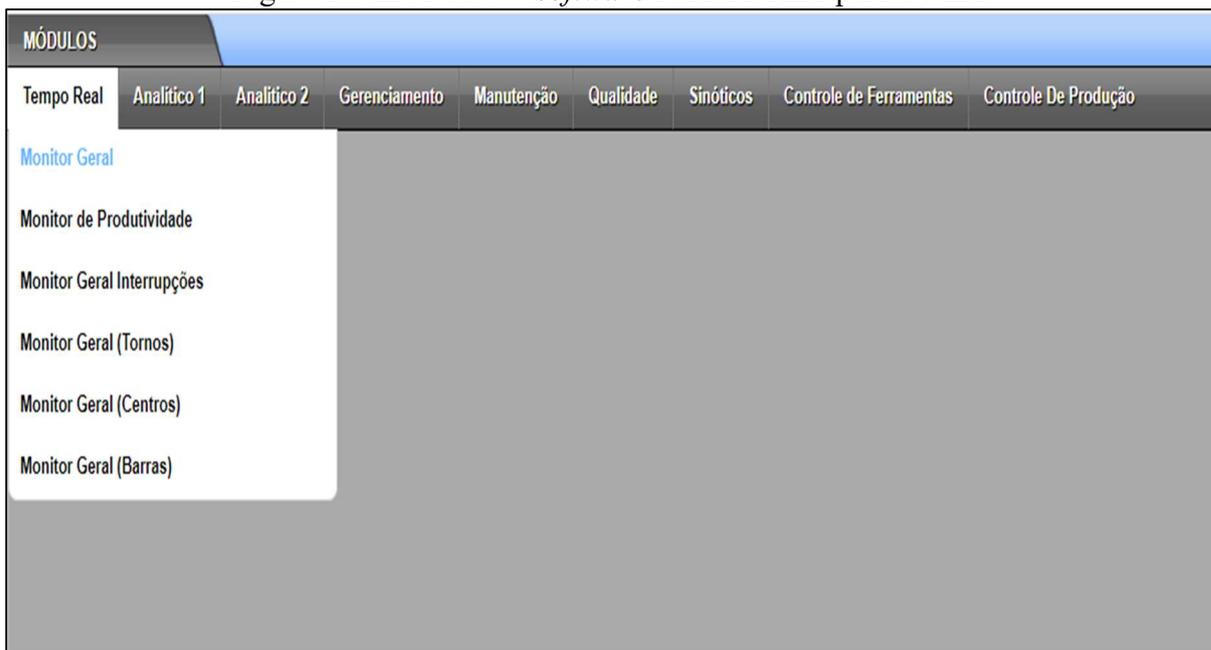
Figura 13: Painel do sistema MES



Fonte: Banco de dados Aço Peças Demore (2022).

A principal interface de atuação dos analistas do sistema MES é o software do sistema, que permite a visualização das ocorrências de cada máquina em tempo real, acompanhamento das medidas de eficiências e paradas, bem como acompanhamento de dados de desempenho que o sistema gera automaticamente. A Figura 14 ilustra a página inicial do software.

Figura 14: Interface do *software* NCSYSTEM para o MES



Fonte: Banco de dados Aço Peças Demore (2022).

3.1.2 Equipamentos

Os equipamentos considerados para a análise deste trabalho são quatro centros de usinagem vertical da marca Doosan, sendo dois do modelo 3016L e outros dois do modelo DNM 4500. Esses quatro equipamentos possuem numeração específica para possibilitar a análise de cada máquina individualmente, conforme ilustrado no Quadro 4.

Quadro 4 - Listagem de máquinas

Número da máquina	Marca	Modelo
167	Doosan	3016L
168	Doosan	3016L
258	Doosan	DNM 4500
259	Doosan	DNM 4500

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Estes equipamentos usinam diferentes peças para os setores do ramo agrícola, implementos rodoviários, entre outros, bem como para diferentes clientes da carteira da empresa. As máquinas de número 167, 168 e 258 produzem itens seriados com uma maior frequência enquanto a máquina 259 atua no setor produzindo um mix maior de peças, ou seja, ela realiza um número maior de *setups*.

As quatro máquinas consideradas para o estudo trabalham no regime de dois turnos de trabalho, sendo que as quatro máquinas operam durante todo o primeiro turno, sendo importante ressaltar que os equipamentos operam de acordo com a necessidade de demanda da fábrica no segundo turno. O primeiro turno de trabalho tem um tempo líquido total de segunda-feira até quinta-feira de 9 horas e na sexta-feira de 8 horas. Já o segundo turno tem um tempo líquido total de 8 horas e 8 minutos de segunda-feira até quinta-feira e de 8 horas e 15 minutos na sexta-feira. A Figura 15 exemplifica os horários de cada turno, bem como os tempos de intervalos.

Figura 15: Horários dos turnos.

1º TURNO	Início	Fim	Início	Fim	Intervalo Meio-dia	Lanche	Tempo Líquido Manhã	Tempo Líquido Tarde	Tempo Líquido Total
Seg, Ter, Qua, Qui	07:10	11:45	12:54	17:39	01:09	00:20	04:35	04:45	09:00
Sex	07:10	11:45	12:54	16:29	01:09	00:10	04:35	03:35	08:00

2º TURNO	Início	Fim	Início	Fim	Intervalo Janta	Tempo Líquido Noite	Tempo Líquido Madrugada	Tempo Líquido Total
Seg, Ter, Qua, Qui	17:30	21:00	22:00	02:38	01:00	03:30	04:38	08:08
Sex	16:20	21:00	22:00	01:35	01:00	04:40	03:35	08:15

Fonte: Banco de dados Aço Peças Demore (2022).

As quatro máquinas consideradas para esse estudo já possuem o sistema MES instalados, sendo feitas as análises de eficiência e de tempo de parada de máquina em tempo real como já descrito anteriormente. Todavia, o cálculo de IROG não é realizado. Os índices de eficiência e demais resultados de produção não são apresentados para os operadores.

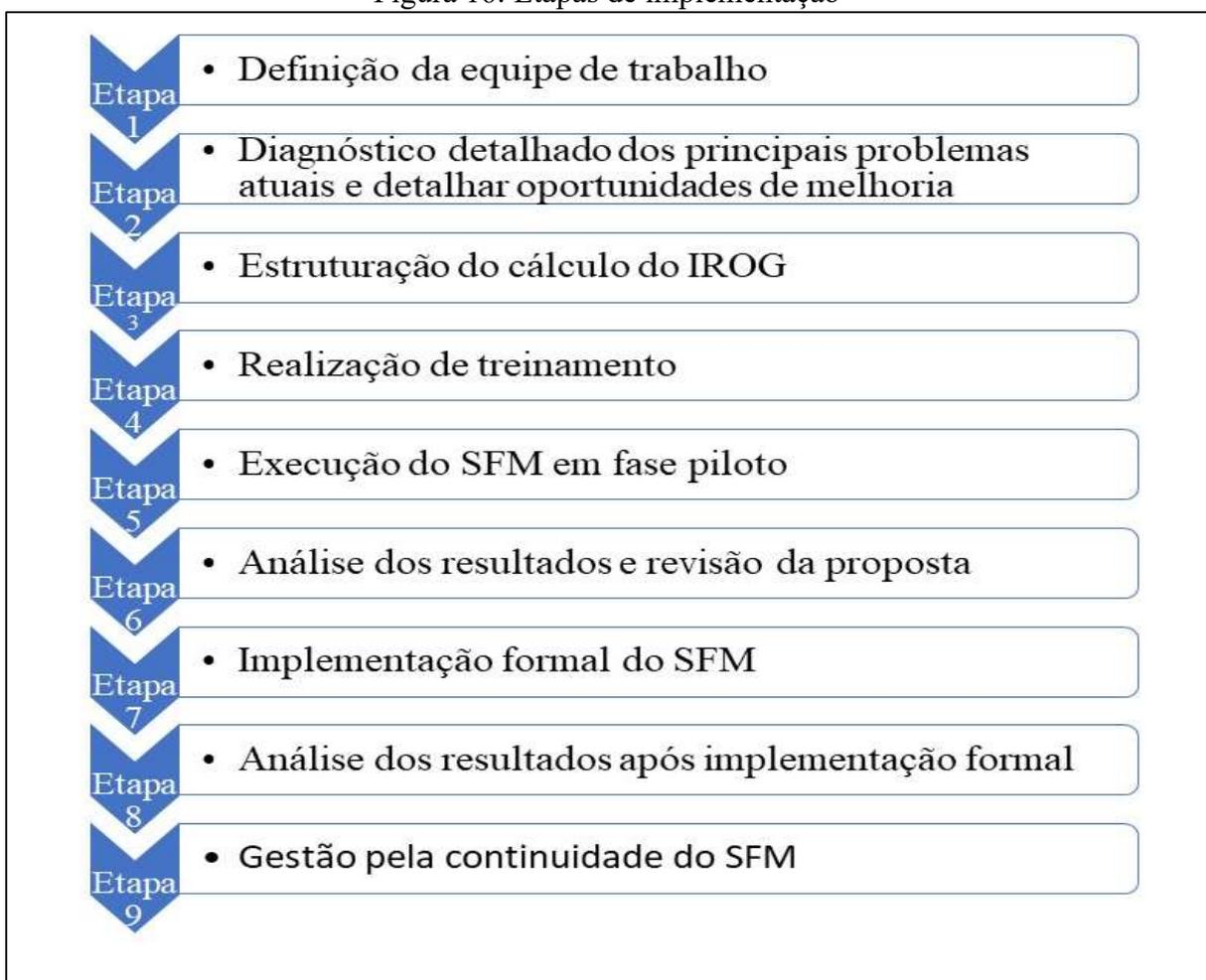
3.2 MÉTODO DE TRABALHO

A partir da análise do processo atual de coleta de dados das máquinas de usinagem CNC, é realizado o planejamento de implementação do método proposto, buscando-se

identificar as oportunidades de melhorias que possam resultar em uma melhor eficiência da utilização dos recursos disponíveis.

Para atingir o objetivo principal de implementação do IROG em máquinas de usinagem CNC, se faz necessário a criação de um plano com etapas a serem seguidas a fim de cumprir o objetivo proposto. Com isso, foram elaboradas nove etapas, conforme descrito nas subseções que seguem. A figura 16 ilustra a sequência destas atividades.

Figura 16: Etapas de implementação



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

3.2.1 Definição da equipe de trabalho

A célula de quatro máquinas conta com uma equipe de operadores de máquinas que são responsáveis pela alimentação de peças nas máquinas, bem como o controle de qualidade dos itens produzidos, controle de vida de ferramentas de corte e outras funções básicas, e conta ainda com os preparadores/programadores, que são os responsáveis pela realização dos

setups e de ajustes mais complexos. O setor das máquinas do grupo do Centro de Usinagem conta ainda com um líder de setor que é responsável por determinar as tarefas dos programadores e dos operadores.

Para a implementação da metodologia do SFM, bem como a estruturação do IROG, é necessária a participação de toda essa equipe, bem como o envolvimento e participação de outras áreas da empresa, como engenharia de processos, PCP, TI, *preset* de ferramentas e os gestores da fábrica. Essa etapa é de extrema importância na implementação da metodologia proposta, pois todos os envolvidos precisam estar a par do estudo e alinhados com as funções que devem exercer no decorrer do trabalho.

Se faz necessário a divisão de cada tarefa para cada colaborador, conforme Antunes (2011), a implementação pode ser dividida em dois grupos:

- a) Elementos estruturantes: formam a estrutura básica para a implementação, manutenção e melhoria do método;
- b) Elementos operacionais: formam as rotinas operacionais que ocorrem ao longo do tempo, com frequência e responsabilidade estabelecidas.

O Quadro 5 descreve o plano de ação de como a equipe será definida, bem como cada função e quais responsabilidades cada colaborador irá desempenhar no decorrer do trabalho, para toda equipe compreender de que forma irão contribuir para a implementação do método do SFM.

Quadro 5 – Plano de ação da etapa 1

Plano de Ação - 5W2H						
O que?	Por quê?	Onde?	Quem?	Quando?	Como?	Quanto?
What?	Why?	Where?	Who?	When?	How?	How much?
Definir equipe e determinar as funções dos envolvidos	Análise estratégica	Sala de reunião engenharia	Gerente Industrial	30/07/22	Reunião	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

3.2.2 Diagnóstico detalhado dos principais problemas atuais e detalhar oportunidades de melhoria

Dentro do cenário atual, se observam algumas oportunidades de melhoria, utilizando os recursos disponíveis da empresa e com a implementação de algumas ferramentas e boas práticas para sua aplicação e manutenção. O IROG não está disseminado na cultura da

empresa, sendo conhecido por um número pequeno de colaboradores. O conhecimento das horas disponíveis dos recursos também não possui uma análise crítica, o que impossibilita a empresa de determinar um melhor sequenciamento de produção dos seus itens e determinar, por exemplo, se precisa de horas extras na fábrica, investimento em equipamentos ou contratação de mão de obra.

O cálculo do IROG pode proporcionar para a empresa o entendimento de como os seus recursos estão sendo utilizados, e entender quais são as reais necessidades para aplicar a melhoria contínua em seus processos. A análise de uma forma mais detalhada das paradas por equipamento também pode trazer um entendimento melhor dos motivos que mais afetam o sistema e ajudar na tomada de decisão para buscar eliminar essas perdas.

A empresa já faz o uso de recursos visuais que auxiliam a área de produção, todavia, se observa a necessidade de mais recursos para possibilitar a visualização por todos os funcionários da área de produção perto dos seus postos de trabalho. Também se faz necessário uma estruturação e disponibilização dos índices de desempenho diário, semanal ou mensal para as áreas de produção, para envolver todos os colaboradores atuantes no processo e deixá-los a par de como cada recurso está operando, com qual eficiência e quais são os motivos que interferem nos resultados.

Com base nisso, o Quadro 6 descreve um plano de ação para análise dos problemas atuais bem como o detalhamento das oportunidades de melhoria a serem aplicadas no desenvolvimento deste trabalho.

Quadro 6 – Plano de ação da etapa 2

O que?	Por quê?	Onde?	Quem?	Quando?	Como?	Quanto?
What?	Why?	Where?	Who?	When?	How?	How much?
Definir os principais problemas atuais	Conhecimento do processo e método utilizado	Sala de reunião engenharia	Gerentes Industriais, equipe SFM e diretor da empresa	30/07/22	Reunião	-
Detalhar as oportunidades de melhoria	Definir ferramentas a serem aplicadas	Sala de reunião engenharia	Gerentes Industriais, equipe SFM e diretor da empresa	30/07/22	Reunião	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

3.2.3 Estruturação do cálculo do IROG

É necessário realizar a estruturação do cálculo do IROG, através dos dados fornecidos pelo sistema MES, sendo necessário determinar quais serão os turnos de trabalho que serão utilizados para o estudo para determinação das horas padrão utilizadas pelos equipamentos, bem como a utilização e apontamento correto das tipologias de parada para cada ocorrência. Essa estruturação é fundamental para a utilização correta dos dados fornecidos pelo sistema MES e, por consequência, o cálculo correto do IROG conforme as equações (7), (8), (9) e (10) ilustradas no capítulo 2.

O cálculo do IROG é de extrema importância para os objetivos do trabalho e essa etapa está descrita no Quadro 7.

Quadro 7 – Plano de ação da etapa 3

O que?	Por quê?	Onde?	Quem?	Quando?	Como?	Quanto?
What?	Why?	Where?	Who?	When?	How?	How much?
Estruturação do cálculo do IROG	Garantir cálculo correto nos equipamentos	Sala de reunião engenharia	Gerente industrial, equipe de TI e pesquisador	05/08/22	Análise do cálculo e seus resultados	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

3.2.4 Realização de treinamento

Após definida a equipe participante, com as oportunidades de melhoria apontadas e a estruturação do cálculo IROG entendida por todos os envolvidos, se faz necessário aplicar um treinamento para todos aqueles que serão envolvidos na implementação do SFM. É necessário, em um primeiro momento, um treinamento para o diretor, gerentes e líderes da fábrica com um foco mais gerencial sobre IROG e o modelo proposto. Após, é realizado um treinamento com os operadores, com um foco mais operacional do método, com a presença da liderança.

É necessário realizar o treinamento com os operadores quanto aos conceitos do IROG, desde a fundamentação teórica até o entendimento das fórmulas apresentadas no capítulo 2, bem como a necessidade do uso e dos apontamentos corretos do sistema MES. Com os líderes e gestores industriais, é realizado uma reunião para definir as diretrizes do

treinamento e atributos do pesquisador. Os procedimentos devem seguir de acordo com o Quadro 8.

Quadro 8 – Planos de ação da etapa 4

Plano de Ação - 5W2H						
O que?	Por quê?	Onde?	Quem?	Quando?	Como?	Quanto?
What?	Why?	Where?	Who?	When?	How?	How much?
Treinar os gerentes, líderes da fábrica	Melhor entendimento dos conceitos, conscientizar da importância do estudo.	Sala de conferência	Pesquisador	15/09/22	Treinamento	-
Treinar os operadores	Melhor entendimento dos conceitos, conscientizar da importância do estudo e orientar para a execução correta das tarefas	Sala de conferência	Pesquisador	03/10/22	Treinamento	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

3.2.5 Execução do SFM em fase piloto

Por se tratar de uma metodologia nova a ser aplicada no chão de fábrica, se faz necessário a execução em fase piloto para os cálculos do IROG para cada equipamento, bem como a implementação das possíveis melhorias propostas.

A execução da fase piloto pode contemplar as seis etapas de implementação do método do *shop floor management*, para verificar quais irão se mostrar mais eficientes e quais irão causar um impacto positivo na implementação. Se faz necessário essa implementação com posterior análise, para verificar de fato quais os componentes do *shop floor management* irão integrar a versão final do método proposto. As seis etapas propostas no método do SFM são:

- a) Gestão visual;
- b) Padrões e controle de anormalidades;
- c) Resolução de problemas;

- d) Gerenciamento de pontos de mudança;
- e) Comunicação;
- f) Melhoria de eficiência.

Nesse momento, também é possível fazer a análise do IROG dos equipamentos. Essa etapa é de extrema importância para poder realizar uma análise prévia de como os métodos propostos foram executados, bem como a avaliação das tarefas executadas por todos os envolvidos no estudo.

Nessa primeira fase, ajustes poderão ser identificados no decorrer do processo e implementados se necessário, uma vez que ainda não se trata do modelo final da metodologia proposta.

O Quadro 9 descreve esse plano de ação.

Quadro 9 – Planos de ação da etapa 5

Plano de Ação - 5W2H						
O que?	Por quê?	Onde?	Quem?	Quando?	Como?	Quanto?
What?	Why?	Where?	Who?	When?	How?	How much?
Executar fase piloto do SFM	Testar e validar o método proposto	Produção e Engenharia de Processo	Operadores, gerente industrial, pesquisador	04/10/22	Aplicação do método na fábrica e análise dos resultados	-

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

3.2.6 Análise dos resultados e revisão da proposta

Com base na execução da etapa anterior, é realizada a análise dos resultados para verificar se o método proposto atingiu os objetivos do trabalho e teve a aprovação da direção da empresa. É também realizado uma revisão da metodologia utilizada e as suas práticas de execução.

Essas etapas são de extrema importância, pois devem identificar se o método está pronto para a implementação formal ou se necessita alguma correção para a fase formal de implementação.

Para conclusão dessa etapa, é fundamental o envolvimento de todos os colaboradores que participaram do desenvolvimento deste estudo, para poder se chegar a um consenso sobre o que já foi executado até esse ponto, e se essa execução está se mostrando satisfatória para os objetivos da empresa. A participação de todos se faz necessária, desde o operador até o

diretor, pois cada um deve expor o que foi vivenciado, quais foram as dificuldades enfrentadas e se existem possíveis melhorias para aplicar no método final a ser implementado. O Quadro 10 mostra os planos de ação para essa etapa.

Quadro 10 – Planos de ação da etapa 6

Plano de Ação - 5W2H						
O que?	Por quê?	Onde?	Quem?	Quando?	Como?	Quanto?
What?	Why?	Where?	Who?	When?	How?	How much?
Análise dos resultados	Avaliação do método proposto	Sala de reunião engenharia	Diretor, gerente industrial, pesquisador	10/10/22	Reunião e apresentação dos resultados	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

3.2.7 Implementação formal do SFM

Após revisão da fase piloto e análise dos resultados, e com a definição do modelo final dos métodos propostos, é realizada a implementação formal do SFM, onde todos os envolvidos deverão participar ativamente dessa etapa, a fim de assegurar o correto funcionamento do sistema como um todo.

Nessa etapa, toda a metodologia deve estar bem definida, bem como a determinação das tarefas a serem realizadas por cada colaborador. Os métodos e formas do cálculo do IROG também devem estar definidos e sendo realizados de forma a se obter uma total veracidade dos resultados. Essa etapa está descrita no Quadro 11.

Quadro 11 – Planos de ação da etapa 7

Plano de Ação - 5W2H						
O que?	Por quê?	Onde?	Quem?	Quando?	Como?	Quanto?
What?	Why?	Where?	Who?	When?	How?	How much?
Executar fase formal do SFM	Avaliação do IROG	Produção e Engenharia de Processo	Operadores, gerente industrial, pesquisador	17/10/22	Aplicação do método na fábrica e análise dos resultados	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

3.2.8 Análise dos resultados após implementação formal

Nessa etapa, é realizada a análise dos resultados da execução de todas as etapas citadas anteriormente, bem como a análise numérica do IROG, refletindo se o índice revelou os possíveis ganhos e perdas do processo e se as ações referentes à implementação do SFM tiveram o seu objetivo alcançado. Se faz necessário apresentar estes resultados a todos os envolvidos por meio de uma reunião com a apresentação dos resultados, para todos entenderem como o trabalho foi executado, quais foram os resultados atingidos e consolidar os métodos propostos. As etapas dessa fase estão descritas no Quadro 12.

Quadro 12 – Planos de ação da etapa 8

Plano de Ação - 5W2H						
O que?	Por quê?	Onde?	Quem?	Quando?	Como?	Quanto?
What?	Why?	Where?	Who?	When?	How?	How much?
Analisar o IROG	Avaliar numericamente o índice de desempenho das máquinas	Sala de reunião engenharia	Gerente industrial, pesquisador, TI	31/10/22	Análise dos dados	-
Analisar o método SFM	Avaliar o método como um todo e avaliar os resultados no setor da implementação	Sala de reunião engenharia	Gerente industrial, líder do setor, pesquisador	31/10/22	Análise dos resultados	-
Apresentação dos resultados	Deixar todos os envolvidos a par dos resultados	Sala de conferência	Todos os envolvidos	04/11/22	Reunião e apresentação dos resultados	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

3.2.9 Gestão pela continuidade do SFM

Após a execução das fases supracitadas e com o método consolidado, se faz necessário a avaliação da empresa sobre o trabalho como um todo e a avaliação dos resultados que o trabalho trouxe para a empresa.

Com base nessa avaliação, se faz necessário a elaboração de um plano de ação pela continuidade da aplicação do método, seja ele no setor onde a metodologia foi aplicada, ou disseminando as boas práticas e aplicação do método para outras linhas ou demais máquinas de comando numérico da empresa. O Quadro 13 descreve o plano de ação para essa etapa.

Quadro 13 – Planos de ação da etapa 9

Plano de Ação - 5W2H						
O que?	Por quê?	Onde?	Quem?	Quando?	Como?	Quanto?
What?	Why?	Where?	Who?	When?	How?	How much?
Gestão pela continuidade do SFM	perpetuar o método e aplicar em outras linhas/máquinas	Chão de fábrica	Diretor, gestores, pesquisador	04/11/22	Criação de método padrão para aplicação	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

4 RESULTADOS

O presente capítulo aborda o desenvolvimento da proposta de implementação que foi descrita no capítulo 3 e está ilustrada na Figura 16, a fim de atingir o objetivo geral e os objetivos específicos deste estudo. Para seguir todos os passos de forma organizada e com o cumprimento de cada objetivo, cada etapa foi seguida de forma sequencial e de acordo com os prazos estipulados.

4.1 DEFINIÇÃO DA EQUIPE DE TRABALHO

O presente trabalho teve a sua proposta idealizada junto ao gerente de produção da empresa, onde os primeiros objetivos foram discutidos para o desenvolvimento do trabalho. Após a finalização dos capítulos 1 e 2 do presente trabalho, foram discutidos junto com este gerente de produção o objetivo geral e específicos do trabalho para a validação destas propostas junto à empresa, ficando marcada uma reunião no final de julho para alinhamento final da execução das etapas do trabalho, bem como a definição da equipe de trabalho.

No dia 30 de julho de 2022, foi realizada a primeira reunião entre o autor do trabalho e o gerente de produção, onde foram discutidos os seguintes tópicos sobre a aplicação do trabalho:

- a) Apresentação das etapas de implementação e do cronograma do trabalho;
- b) Discussão sobre o cálculo do IROG e dos índices de disponibilidade, performance e qualidade;
- c) Discutido como utilizar o sistema MES a favor dos cálculos do IROG;
- d) Foi solicitado pelo gerente de produção uma apresentação sobre IROG para realizar uma primeira introdução sobre o tema para o diretor, gerentes, líderes e os operadores de máquina envolvidos no trabalho;
- e) Discussão sobre a importância do trabalho para os objetivos da empresa, bem como a importância da participação de todos que serão envolvidos na implementação do método proposto;
- f) Foi definido que em um primeiro momento o trabalho será implementado apenas no 1º turno, pois no 2º turno os operadores podem variar nas máquinas, bem como as máquinas não operarem em todos os dias da semana.

A partir dessa reunião, ficou definido que a equipe vai contar com a participação de pessoas da direção da empresa, gerentes de produção, líderes de setor, programadores e operadores de máquina. Primeiramente, foi determinada uma equipe com os participantes das áreas de apoio descrita no Quadro 14, ficando pendente a definição da equipe dos operadores de máquinas.

Quadro 14 – Equipe da área de apoio do projeto

Nome:	Função
Pedro Henrique Teponti	Analista de Processos
Rodrigo Vergani	Gerente Industrial
Rudimar Demore	Diretor
Paulo Catusso	Gerente Industrial
Vanderlei Andrighetti	Líder de Setor
Jean Bordin	Programador CNC
Michael Copelli	Coordenador de TI

Fonte: Elaborador pelo autor (2022)

4.2 DIAGNÓSTICO DETALHADO DOS PRINCIPAIS PROBLEMAS ATUAIS E DETALHAR AS OPORTUNIDADES DE MELHORIA

No decorrer do desenvolvimento do trabalho, desde o seu início no mês de março, foram discutidas oportunidades de melhorias na gestão dos recursos do chão de fábrica junto aos gerentes e líderes da empresa, sendo estas oportunidades detalhadas durante a primeira reunião realizada no dia 30 de julho de 2022 bem como os principais problemas e desafios que iram fazer parte do desenvolvimento do trabalho.

Um das oportunidades de melhoria identificadas foi o uso do método IROG para auxiliar a empresa identificar como está o seu nível de disponibilidade, desempenho e qualidade, bem como auxiliar a empresa a identificar quais são os principais motivos que mais influenciam os tempos de paradas de máquina. Antes da aplicação do IROG, é preciso fazer uma análise e discussão sobre a atual metodologia de trabalho, onde os principais tópicos estão listados a seguir:

- a) A metodologia IROG é conhecida por um percentual muito baixo de colaboradores dentro da empresa e precisa ser disseminada para todos os colaboradores;

- b) Apesar de a empresa já possuir um sistema MES capaz de realizar os cálculos do IROG, os mesmos não são realizados pois faltam definir os padrões de cálculo bem como as suas estruturas;
- c) A empresa possui uma sistemática para definição do tempo padrão das peças, onde a equipe de TI analisa os tempos de produção dos itens utilizando o Power BITM, porém nem todos os itens produzidos têm o tempo padrão cadastrado no sistema ERP da empresa. Também é preciso definir como gerenciar as alterações dos tempos padrão que podem acontecer no dia a dia;
- d) É preciso definir quais serão os períodos do dia em que será realizada a avaliação do IROG, pois apesar de a empresa ter um tempo programado definido para cada turno, conforme ilustrado na Figura 15, a empresa atualmente opera algumas horas do dia fora destes tempos programados, em regime de hora extra. Também existem restrições em relação ao segundo turno, devido a este turno ter um número menor de trabalhadores, fazendo com que os equipamentos trabalhem no segundo turno apenas conforme a demanda de cada dia;
- e) Os apontamentos relacionados à qualidade dos itens produzidos não são realizados no sistema MES, sendo a quantidade de peças produzidas em um equipamento sempre considerada como sendo 100% de peças conformes, inviabilizando a avaliação do índice de qualidade ou μ_3 ;
- f) Os apontamentos realizados no sistema MES apresentam muita inconsistência na sua precisão, como por exemplo, um índice alto de tempos de paradas de máquina sem nenhum motivo de apontamento identificado, inviabilizando a avaliação por parte da empresa dos motivos que causam tempos de máquinas paradas.

Dentro desse contexto de avaliação sobre o cenário atual de apontamentos do sistema MES, foi realizado uma primeira análise dos dados gerados da produção das quatro máquinas a serem avaliadas neste trabalho sem nenhuma intervenção realizada, com a realização dos cálculos do índice de disponibilidade (μ_1 ou ITO), índice de performance (μ_2 ou IPO), índice de qualidade (μ_3 ou IPA), bem como o cálculo do μ global, através dos relatórios de dados gerados pelo sistema MES.

O objetivo desta análise é possibilitar o entendimento em relação aos índices atuais e os maiores tempos de paradas que afetam o IROG. Neste primeiro momento, todas as paradas

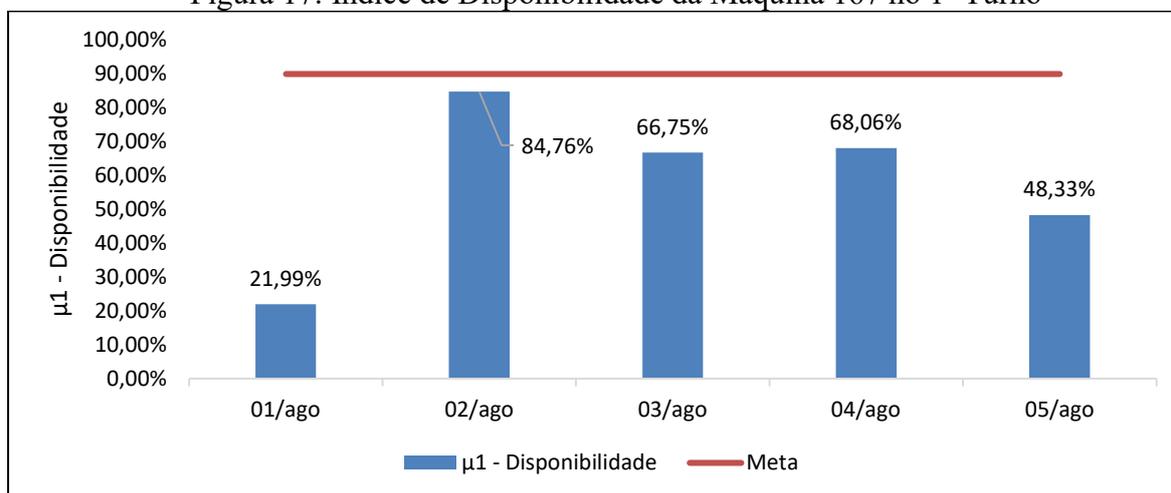
de máquinas serão consideradas como sendo uma parada não programada, sendo esses tempos contabilizados dentro do cálculo da disponibilidade de cada equipamento.

É necessário enfatizar que essa primeira análise pode não demonstrar de fato os resultados praticados, pois ainda existe uma incerteza em relação aos apontamentos realizados no sistema MES. O período utilizado para essa análise foi do dia 01 de agosto de 2022 até o dia 05 de agosto de 2022, onde os resultados mais detalhados foram apresentados apenas para a máquina de número 167. Os gráficos serão detalhados apenas para a máquina 167 pois será o equipamento onde será realizado o teste piloto. Os resultados das demais máquinas estão apresentados nos Apêndices A, B, C, D, E e F.

As metas para os índices do IROG serão utilizadas para cada índice e para o μ global de acordo com as literaturas de Antunes (2011) e Hansen (2006), onde a meta do índice operacional deve ser maior que 90%, a meta do índice de desempenho deve ser maior que 95%, a meta do índice de qualidade deve ser maior que 99% e a meta do μ global deve ser maior que 85%.

Analisando os dados gerados pelo MES da máquina 167, observa-se que o índice de disponibilidade atingiu uma média de 57,98% para o período analisado. Os resultados de cada dia do período analisado estão ilustrados na Figura 17.

Figura 17: Índice de Disponibilidade da Máquina 167 no 1º Turno

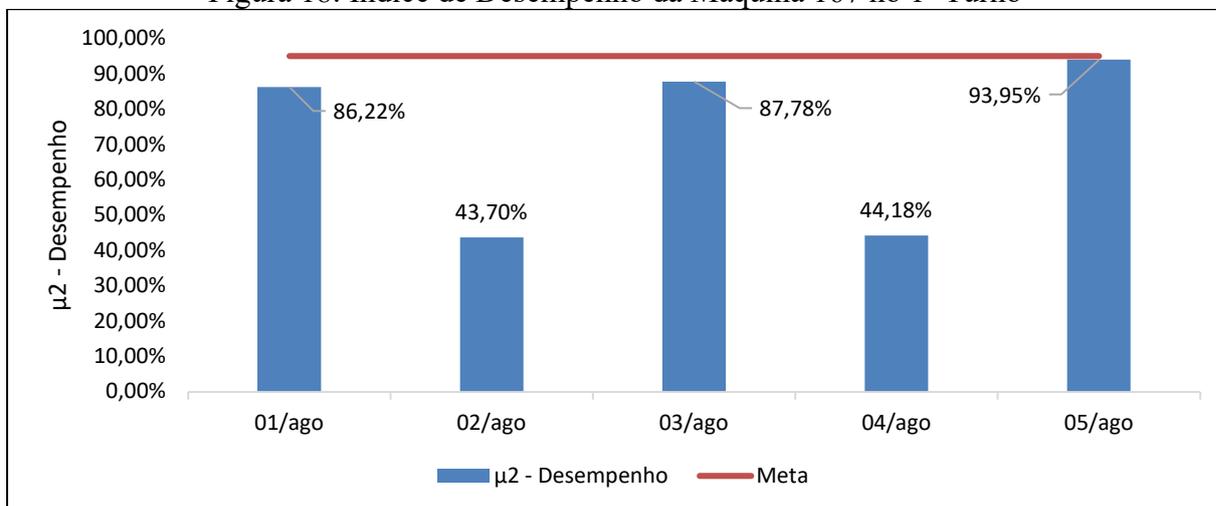


Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Para o índice de desempenho da máquina 167, analisando os dados gerados pelo MÊS, observa-se que em nenhum dia do período analisado foi alcançada a meta de 95%. É importante ressaltar que os valores dos tempos padrão dos itens produzidos no período, foram extraídos do sistema ERP da empresa.

A média semanal para o desempenho foi de 71,17% e os valores para cada dia estão apresentados na Figura 18.

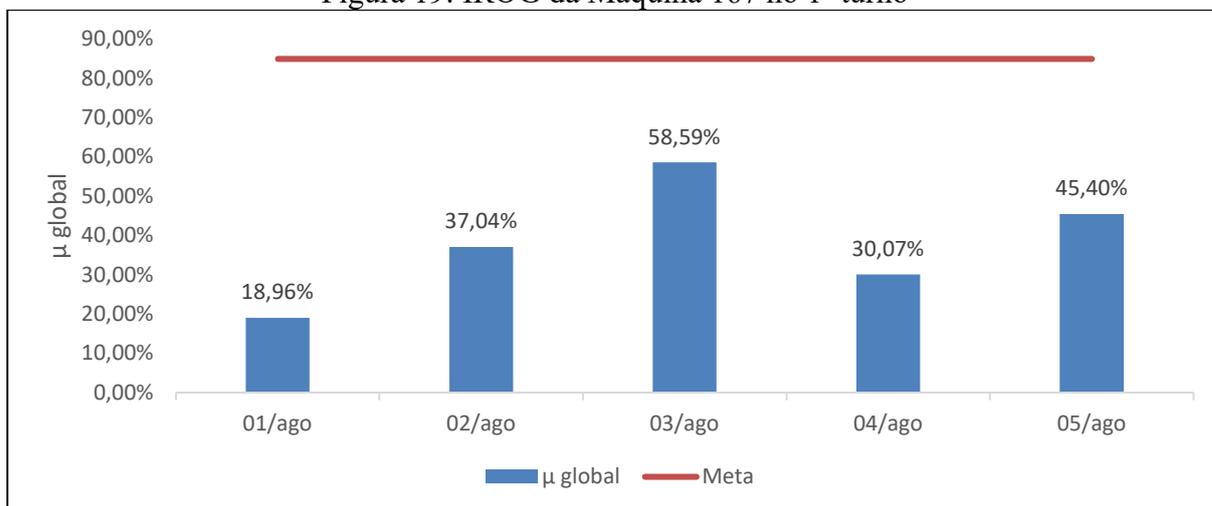
Figura 18: Índice de Desempenho da Máquina 167 no 1º Turno



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O cálculo do índice de qualidade não será realizado, pois não existe o apontamento das peças conforme e não conforme no MES, sendo considerado um valor atingido de 100%. Realizando o cálculo do IROG, conforme a Equação (7), é verificado que a média da semana ficou em 38,01% e os valores para cada dia estão ilustrados na Figura 19.

Figura 19: IROG da Máquina 167 no 1º turno



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Em uma primeira análise, verifica-se que os níveis exigidos para o IROG não são atingido no equipamento analisado. O índice que mais se aproxima da meta é o índice de desempenho, pelo fato de a empresa possuir uma sistemática de trabalho, onde a equipe da TI

acompanha em tempo real as eficiências de produção, conseguindo, na maioria das vezes, realizar as intervenções ou acionar as pessoas responsáveis, quando a máquina está operando a uma taxa de eficiência abaixo das metas estipuladas.

Por outro lado, a avaliação da disponibilidade dos equipamentos não é realizada pela empresa. Apenas para alguns tipos de paradas e quando as mesmas excedem um período estipulado, é que a equipe de TI irá acionar os responsáveis da fábrica para verificarem se existe a possibilidade de uma interferência para correção, como por exemplo, quando uma parada por troca de ferramenta exceder 30 minutos, será contatado o setor de *preset* de ferramentas e o líder do setor para verificar o motivo dessa parada. Porém, pelo fato da empresa possuir um número elevado de máquinas e um número reduzido de pessoas na equipe de TI, algumas dessas paradas não possuem intervenções no momento da parada. Essas paradas também não são avaliadas ao final de um período, como por exemplo diariamente, semanalmente ou mensalmente.

Com isso, verifica-se mais uma oportunidade de melhoria, realizando a análise mais detalhada dos tempos de paradas não programadas das máquinas, para possibilitar a análise da empresa em relação aos principais motivos que afetam o número do seu índice de disponibilidade.

Para tanto, neste mesmo período entre 01 de agosto e 05 de agosto, onde foram feitas as análises para o IROG, foi também realizada a análise dos tempos de paradas não programadas das máquinas e realizado a soma para cada motivo, que foram anteriormente citados nos Quadros 2 e 3. Pelo fato de ainda haver inconsistência nos apontamentos, como por exemplo, apontamento de parada que inicia em um dia e acaba no dia seguinte, foram excluídos os tempos de paradas fora do tempo programado do turno, podendo a precisão das somas dos tempos de paradas serem afetada por essa inconsistência.

Além dos motivos de paradas citados nos Quadros 2 e 3, ainda existe o motivo determinado como Motivo Não Declarado, onde se o operador não realizar nenhum apontamento de parada, e a máquina ficar sem operação por 5 minutos, ela irá entrar em parada automática por Motivo Não Declarado.

Analisando as paradas, observa-se que o tempo de parada que mais afetou a disponibilidade da máquina 167 foi o tempo de aguardar produto de outra máquina, com 7 horas e 4 minutos de espera, seguido de deslocamento para outra máquina com 3 horas e 35 minutos e 14 segundos e troca de ferramenta / inserto com 2 horas e 27 minutos e 29 minutos.

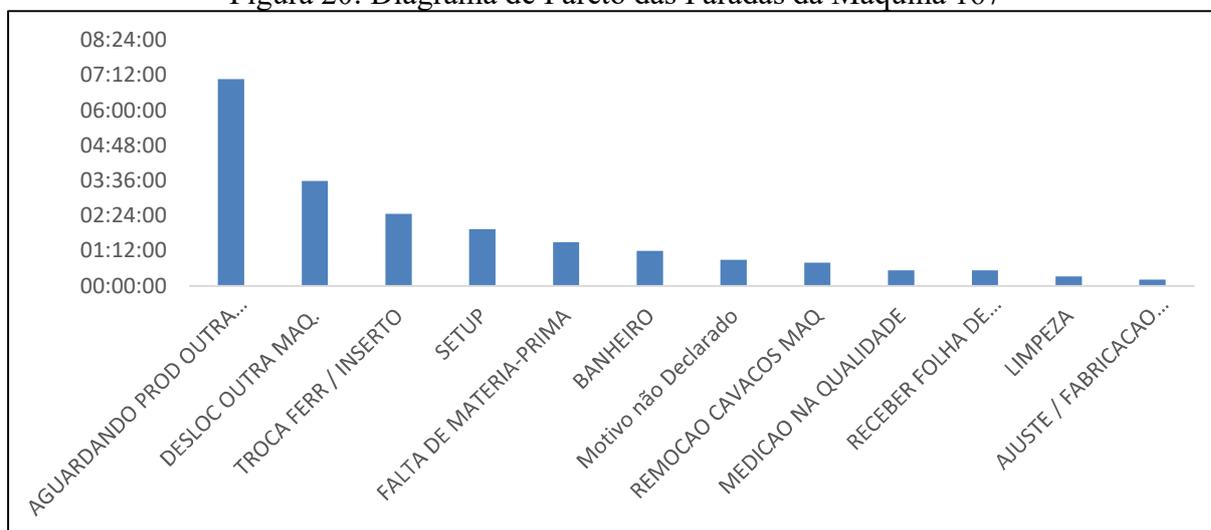
Vale ressaltar os 53 minutos e 37 segundo de parada sem nenhum motivo apontado no sistema MES, impossibilitando a precisão das intervenções em relação à disponibilidade do equipamento. O Quadro 15 mostra todos os motivos e tempos de paradas e a Figura 20 ilustra o Diagrama de Pareto para essas paradas.

Quadro 15 – Tempos de Paradas da Máquina 167

Tipo de Parada	Tempo Total
AGUARDANDO PROD OUTRA MAQ.	07:04:00
DESLOC OUTRA MAQ.	03:35:14
TROCA FERR / INSERTO	02:27:29
SETUP	01:56:18
FALTA DE MATERIA-PRIMA	01:29:21
BANHEIRO	01:11:35
MOTIVO NÃO DECLARADO	00:53:37
REMOCAO CAVACOS MAQ	00:47:17
MEDICAO NA QUALIDADE	00:32:02
RECEBER FOLHA DE PAGAMENTO	00:31:47
LIMPEZA	00:19:36
AJUSTE / FABRICACAO DISPOSITIVO	00:12:40

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Figura 20: Diagrama de Pareto das Paradas da Máquina 167



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O detalhamento e apresentação dos tempos de parada de máquina para os demais equipamentos estão ilustrados nos Apêndices D, E e F.

Outra oportunidade de melhoria identificada neste trabalho é a avaliação do índice de qualidade, utilizando o sistema MES, para poder realizar a análise da qualidade dos itens produzidos na fábrica com uma maior precisão.

Outra oportunidade de melhoria em relação ao índice de qualidade é realizar um melhor controle sobre os itens não conforme produzidos e de sua disposição na fábrica. Hoje as peças não conforme são identificadas manualmente em uma etiqueta de produto não conforme, pelos operadores, e as peças são dispostas em uma área de produtos não conforme, conforme ilustrado na Figura 21.

Figura 21: Mesa dos Produtos Não Conforme



Fonte: Banco de dados da empresa Aço Peças Demore (2022).

O gerente da fábrica e o diretor da empresa se reúnem periodicamente em frente a essa bancada para verificar os itens e verificar o que pode ou não ser retrabalhado ou

utilizado. A utilização do MES para apontamento da qualidade possibilita o entendimento do nível de qualidade do equipamento diariamente, possibilitando intervenções corretas para aumentar o índice de qualidade e evitar o acúmulo de peças nessa bancada. Essa metodologia, também seria uma oportunidade para melhorar a forma como as peças não conforme são dispostas.

4.3 ESTRUTURAÇÃO DO CÁLCULO DO IROG

Para a estruturação do cálculo IROG foi realizada uma reunião com o gerente de produção e o coordenador da TI, onde ficou definido que os painéis do sistema MES dos quatro equipamentos seriam substituídos por painéis de uma versão atualizada, para possibilitar:

- Apontamento das peças conforme e não conforme, possibilitando a realização do cálculo do índice de qualidade ou μ_3 ;
- Novo painel possibilita que seja realizada a análise dos indicadores dentro do tempo padrão do turno a serem efetuadas as análises;
- O novo painel é uma tela de LCD que possibilita a visualização dos valores dos índices μ_1 , μ_2 , μ_3 e μ global, conforme ilustrado na Figura 22. O μ global aparece com a nomenclatura de OEE.

Figura 22: Índices do IROG no painel novo do MES



Fonte: Banco de dados Aço Peças Demore (2022).

O cálculo para os índices é realizado pelo MES de acordo com as Fórmulas (7), (8), (9) e (11) descritas no Capítulo 2, sendo para o cálculo de desempenho, o tempo padrão de fabricação de cada item extraído do sistema ERP via sistema MES.

Para o cálculo da disponibilidade, foi preciso definir as paradas programadas e paradas não programadas. Para os motivos de paradas já cadastrados no sistema MES, o único motivo que ficou definido como motivo de parada programada foram os intervalos para os lanches e o intervalo para o almoço e janta, sendo essa parada denominada como: INTERVALO. Essa é considerada uma parada programada, pois os intervalos sempre ocorrem todos os dias, sem nenhuma exceção.

Todas as demais paradas serão consideradas como motivo de parada não programada, por não serem programadas e pelo fato de que podem acontecer a qualquer momento, sendo consideradas paradas não programadas. Até mesmo a parada denominada LIMPEZA, que é uma parada que deveria ocorrer 15 minutos antes de encerrar o turno, ou na parte da tarde das sextas-feiras, onde os equipamentos deveriam parar para realizar a limpeza do equipamento. Porém, como essa regra da limpeza nem sempre é realizada, devido à alocação dos operadores do segundo turno ou demanda da máquina, em um primeiro momento, será considerada como sendo uma parada não programada.

A queda de velocidade para o cálculo do desempenho (μ_2), é verificada de acordo com os tempos padrão cadastrados para os itens produzidos no sistema ERP. O sistema considera uma queda de velocidade, quando o tempo executado na prática for maior que o tempo cadastrado no ERP.

4.4 REALIZAÇÃO DE TREINAMENTO

Para que o trabalho tenha um resultado positivo, os conceitos sobre IROG e o método proposto foram aprimorados por treinamentos com a presença de todos os envolvidos no projeto.

Foram realizados dois treinamentos distintos, um primeiro para apresentar o método do IROG aos envolvidos, bem como a explicação aprofundada dos cálculos necessários para calcular cada índice individualmente. Foi destacado no treinamento a importância que o índice exerce sobre as análises dos equipamentos e como o uso do método auxilia para melhorar cada índice. O primeiro treinamento teve uma duração de 15 minutos e foi validado

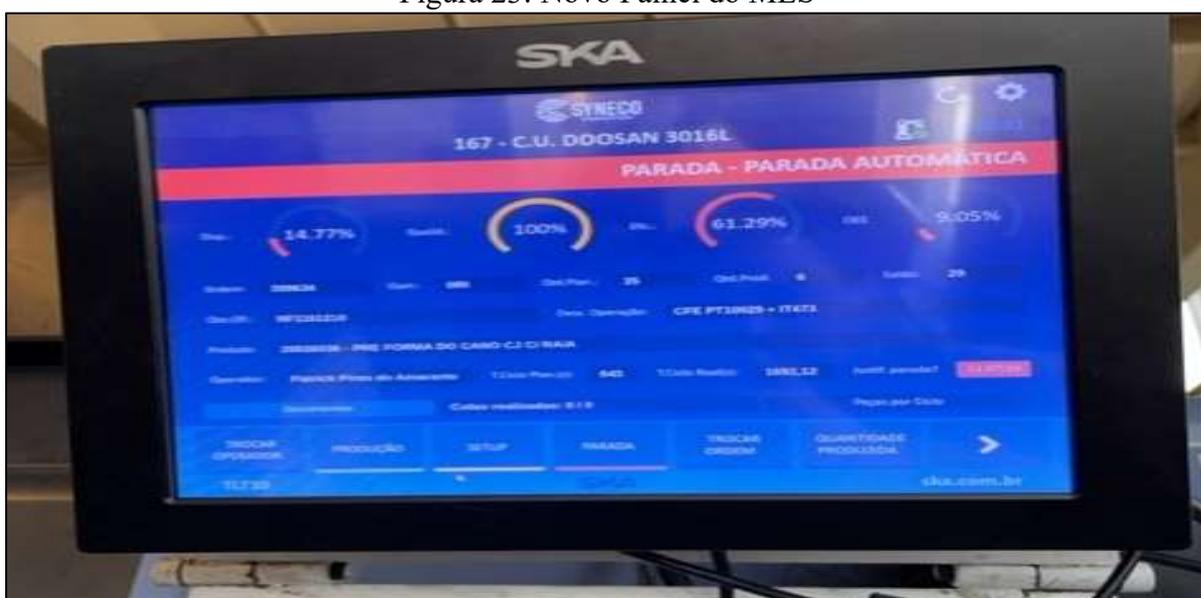
pelo documento RD22, que registra o tipo de treinamento com a avaliação de presença dos envolvidos.

O segundo treinamento teve o intuito de aperfeiçoar os apontamentos no sistema MES, para possibilitar o cálculo correto de cada índice bem como a análise das paradas de máquinas que irão ocorrer dentro do período a ser analisado. Esse treinamento foi realizado com foco mais operacional, com os operadores e programadores que utilizam o sistema nas máquinas no dia a dia. O treinamento também teve duração de 15 minutos e foi validado pelo documento RD22. Ambos os treinamentos foram ministrados no *gemba* no dia 3 de outubro e seu registro está ilustrado no Apêndice G.

Vale destacar que o novo painel impossibilita o encerramento das ordens de produção ou encerramento de turno sem o apontamento das paradas que não foram justificadas durante o turno de trabalho. Como já mencionado, após 5 minutos a máquina entra em parada automática, e para os novos painéis, essas paradas ficam pendentes e devem ser justificadas individualmente com o seu respectivo motivo de parada no próprio painel, o que possibilita uma maior precisão na análise dos tempos de máquina parada.

Foi destacado nos treinamentos a importância da gestão visual através do novo painel do MES instalado, ilustrado na Figura 23, para possibilitar as análises dos índices em tempo real para todos os envolvidos no projeto.

Figura 23: Novo Painel do MES



Fonte: Banco de dados Aço Peças Demore (2022).

4.5 EXECUÇÃO DO SFM EM FASE PILOTO

A execução em fase piloto do projeto foi iniciada no dia seguinte ao treinamento, no dia 4 de outubro, sendo verificado diariamente junto aos operadores as dificuldades encontradas relacionadas aos apontamentos no sistema MES, com o objetivo de se obter uma maior precisão nos dados a serem analisados.

Como mencionado anteriormente, a fase piloto será executada no equipamento de número 167, que teve o seu painel substituído pelo novo modelo na semana anterior à execução da fase piloto, para possibilitar uma maior familiarização dos operadores com o novo painel. Para os demais equipamentos da célula, os painéis também serão substituídos pelo modelo novo de acordo com o cronograma apresentado no Quadro 16.

Quadro 16 – Cronograma de Instalação dos Painéis

MÁQUINA	DATA DE INSTALAÇÃO
168	06/10/2022
258	07/10/2022
259	10/10/2022

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Durante a execução da fase piloto, os resultados dos índices poderão ser verificados em tempo real pelos operadores no próprio painel do sistema MES do equipamento.

Ficou definido junto à equipe de TI e o gerente de produção, que também seria instalado uma TV de LCD no setor para o acompanhamento dos índices diariamente por toda a equipe envolvida após a execução da fase piloto. Essa TV irá fortalecer a gestão visual, possibilitando a visualização e análise dos índices pelos envolvidos no trabalho, que é um dos pilares do SFM.

Não será necessário investimento para essa TV, pois existe a disponibilidade de realocar uma TV de outro setor, que não está sendo utilizada. Durante a execução da fase piloto, os resultados diários e acompanhamento da evolução dos índices foram apresentados pelo autor do trabalho através de gráficos impressos e disponibilizados nos postos de trabalho.

4.6 ANÁLISE DOS RESULTADOS E REVISÃO DA PROPOSTA

Durante a execução da fase piloto, algumas inconsistências com os dados gerados pelo sistema MES, bem como a impossibilidade do cálculo automático dos índices para os

dias 04, 05 e 06 de outubro foram identificados. O sistema também estava considerando o tempo de troca de peça na máquina como sendo uma parada programada, o que também precisa ser ajustado, para não afetar negativamente o índice de disponibilidade e também não mostrar um valor maior do que o executado para o índice de desempenho.

Essas falhas foram reportadas para o setor de TI, que é responsável pelos ajustes no sistema MES e por realizar o contato com o fornecedor do *software* para reportar e solicitar os ajustes que não são possíveis de serem realizados internamente. As atualizações e correções serão realizadas no decorrer da semana 10 de outubro até o dia 14 de outubro, para possibilitar o início da implementação formal no dia 17 de outubro.

Os resultados calculados para o μ_1 , μ_2 , μ_3 e μ global na semana da fase piloto estão apresentados no Quadro 17.

Quadro 17 – Índices μ_1 , μ_2 , μ_3 e μ global na Fase Piloto

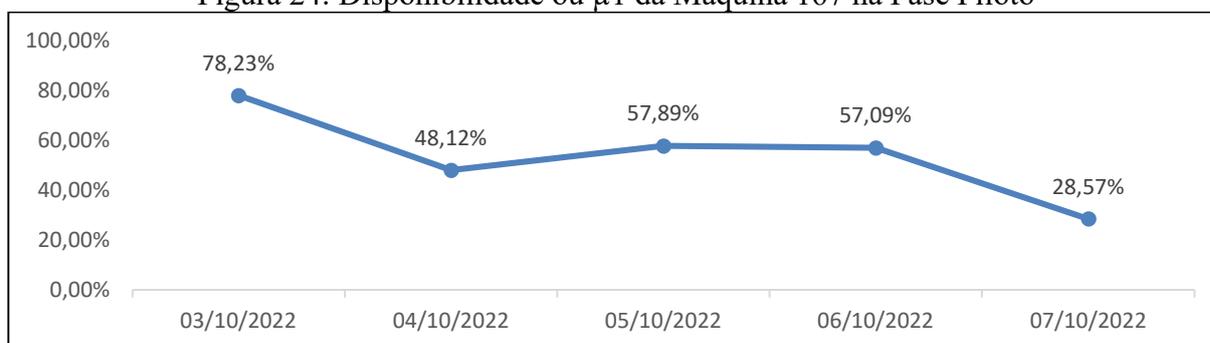
Dia	μ_1 - Disponibilidade	μ_2 - Desempenho	μ_3 - Qualidade	μ global
03/10/2022	78,23%	95,28%	97,83%	72,92%
04/10/2022	48,12%	93,32%	100,00%	44,91%
05/10/2022	57,89%	110,58%	97,54%	62,44%
06/10/2022	57,09%	118,57%	100,00%	67,69%
07/10/2022	28,57%	100,79%	100,00%	28,79%
Média Semana	53,98%	103,71%	99,07%	55,35%

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Para o acompanhamento dos resultados junto aos operadores, foram apresentados o quadro 17 e um gráfico de linha para cada índice, para ilustrar a evolução dos resultados obtidos no dia a dia.

A Figura 24 ilustra o gráfico da disponibilidade durante o período.

Figura 24: Disponibilidade ou μ_1 da Máquina 167 na Fase Piloto



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Pode se observar que a disponibilidade obteve uma média semanal um pouco acima de 50%, porém esse valor pode ser justificado ao analisarmos o Quadro 18, que traz a soma das paradas relacionadas com cada motivo no período da fase piloto.

Quadro 18 – Tempos de Paradas da Máquina 167 na Fase Piloto

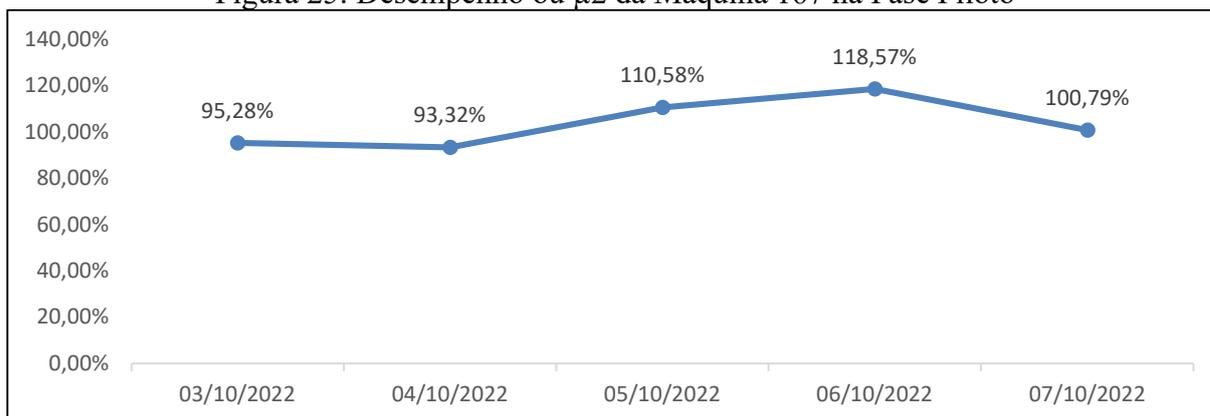
Tipo de Parada	Tempo Total
SETUP	08:54:11
AUX OPERADOR OUTRA MAQ.	02:17:01
AGUARDANDO MANUTENÇÃO	01:47:50
DESLOC OUTRA MAQ.	01:06:39
MEDICAO NA QUALIDADE	01:05:54
BANHEIRO	01:00:54
TROCA FERR / INSERTO	01:00:24
FORA DE PRODUÇÃO	00:25:58
LIMPEZA	00:25:36
FALTA DE PECA	00:21:19
RECEBER FOLHA DE PAGAMENTO	00:16:07
ABASTECIMENTO OLEO DE CORTE	00:05:20

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Durante a execução da fase piloto, a célula de 4 máquinas contava apenas com 2 operadores trabalhando simultaneamente em 2 máquinas cada um. Ao contabilizar os tempos para os motivos de AUX OPERADOR OUTRA MAQ. e DESLOC OUTRA MAQ., somam-se um pouco menos de 3 horas e 30 minutos de tempo desperdiçado. Podemos concluir que a disponibilidade do equipamento foi afetada por esses motivos, pois em determinados momentos, o equipamento ficava parado enquanto o outro equipamento era operado. Essa primeira análise, por exemplo, justificaria o deslocamento de um terceiro operador para a célula ou a contratação de outro operador, se necessário.

Durante o período da fase piloto, foram verificados valores maiores que 100% em três dias para o desempenho da máquina. Por esse motivo, foi realizada uma revisão dos tempos padrão dos itens produzidos na célula e realizado os ajustes necessários no sistema ERP da empresa. Foi também verificado, que o tempo de troca de peça estava sendo contabilizado dentro do cálculo da disponibilidade, e não no cálculo do desempenho, e por isso, foi realizada a revisão e ajustadas as paradas programadas e não programadas no sistema MES, onde em um primeiro momento, apenas o motivo INTERVALO será considerado como uma parada programada.

A figura 25 ilustra o gráfico do desempenho durante o período avaliado.

Figura 25: Desempenho ou μ_2 da Máquina 167 na Fase Piloto

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Para o índice de qualidade, na fase piloto, já foram iniciados os apontamentos dos itens conforme e não conforme via sistema MES. Em um primeiro momento, foram criados dois motivos de apontamento para peças não conforme:

- a) Peças com falha de fundido/material: Motivo para justificar uma peça não conforme por falha de matéria-prima, ou falha de fundido, onde a não conformidade não é causada pela usinagem da peça e sim pela falha da matéria-prima.
- b) Peças não conforme por usinagem: Motivo para justificar uma peça não conforme causada pela operação de usinagem, podendo ser por motivos diferentes, como por exemplo, um diâmetro usinado fora do especificado ou a usinagem de uma distância fora do especificado.

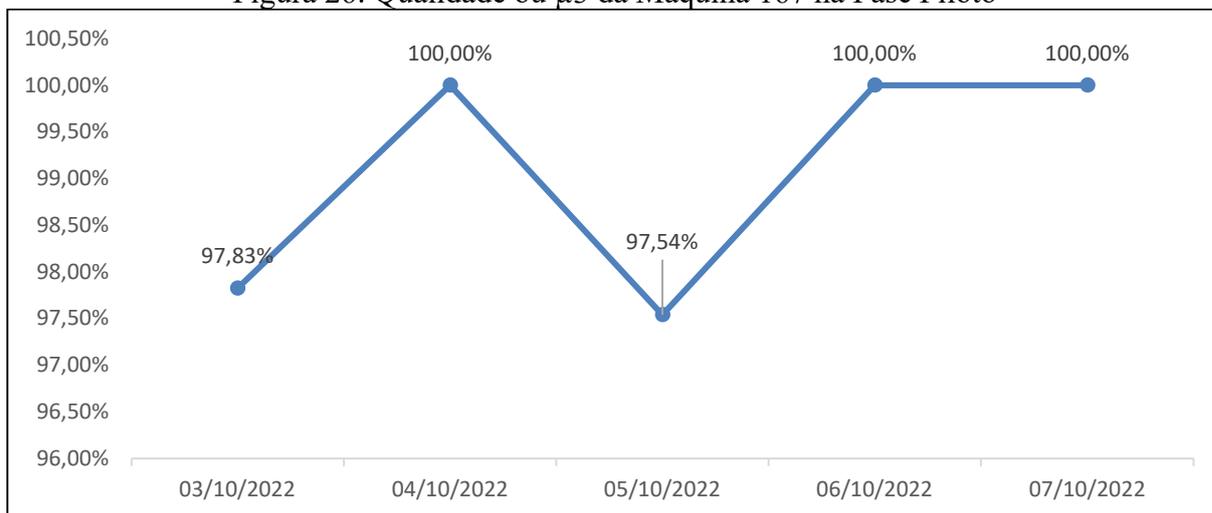
Foram criados apenas esses dois motivos, para possibilitar a distinção das perdas causadas pela operação de usinagem das perdas causadas por falhas de matéria-prima. Esses dois modos de falha também serão importantes durante a análise de qualidade, pois 100% das peças usinadas nesta célula são produzidas com matéria-prima enviada pelo cliente, ou seja, o modo de falha da matéria-prima não depende das ações da empresa para ocorrer ou não. De qualquer forma, as peças com esse modo de falha devem ser consideradas no índice, mas devem ser separadas das demais, para se realizar a posterior devolução do material para o cliente com a realização das cobranças dos custos de usinagem.

Ficou definido junto aos líderes e direção que, por se tratar de um novo apontamento no dia a dia dos operadores, conforme a empresa e os operadores forem ganhando maturidade nos apontamentos relacionados à qualidade, os motivos específicos por falha de usinagem vão

ser cadastrados no sistema MES da empresa, da mesma forma como os motivos de paradas estão cadastrados.

A Figura 26 ilustra o gráfico de qualidade da máquina do período da fase piloto, onde todos os motivos de peças não conforme se deram por falha de fundido.

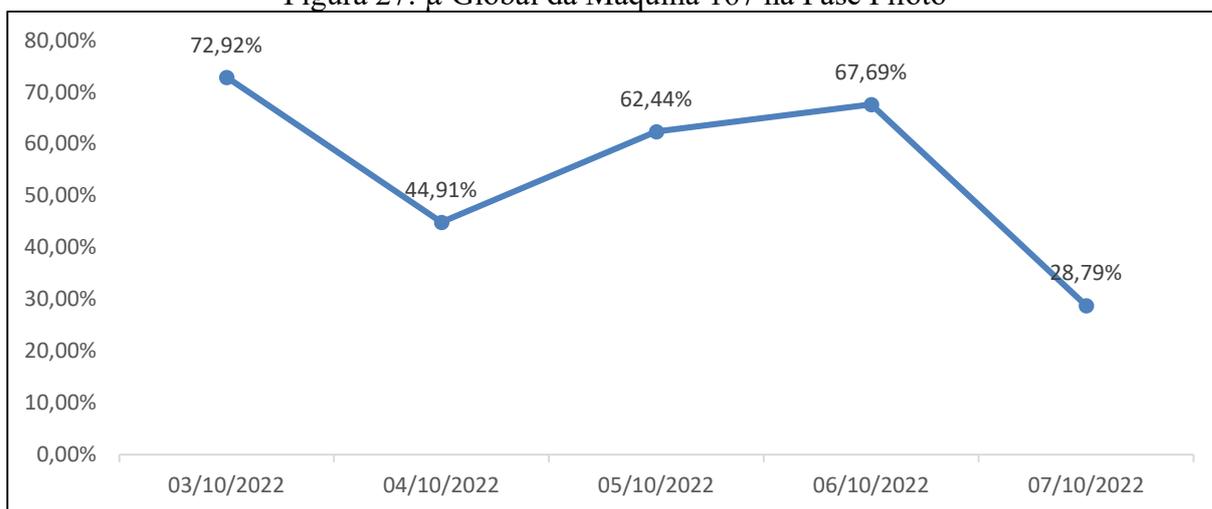
Figura 26: Qualidade ou μ_3 da Máquina 167 na Fase Piloto



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Com os resultados dos índices μ_1 , μ_2 e μ_3 , foi possível extrair os resultados do μ global para cada dia do teste piloto, que está apresentado na Figura 27.

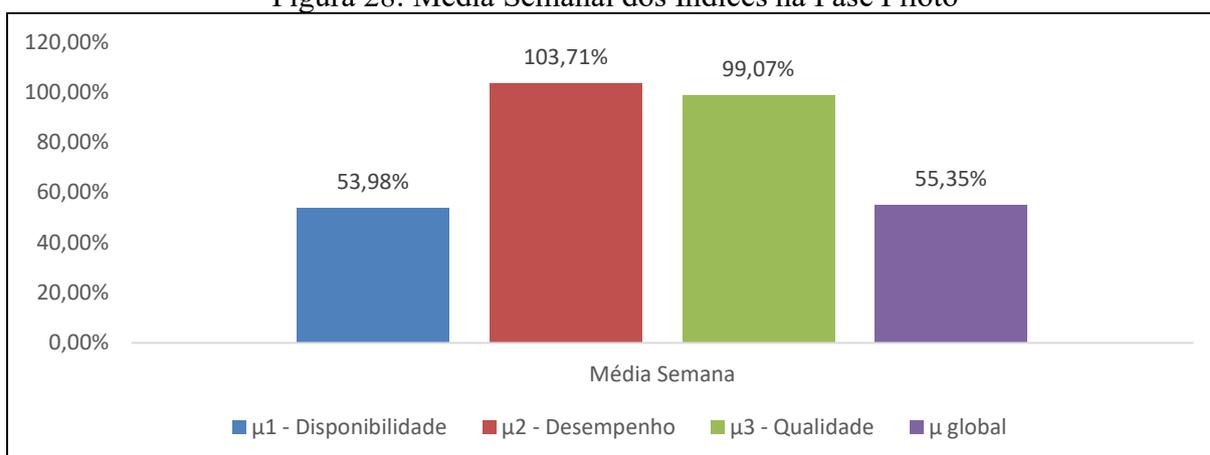
Figura 27: μ Global da Máquina 167 na Fase Piloto



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Após realizadas as análises e cálculos para os índices, e apresentado diariamente aos operadores e envolvidos no posto de trabalho, ao final da semana, foi apresentado os valores das médias da semana para os índices μ_1 , μ_2 , μ_3 e μ global conforme ilustrado na Figura 28.

Figura 28: Média Semanal dos Índices na Fase Piloto



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

4.7 IMPLEMENTAÇÃO FORMAL DO SFM

Após as análises dos resultados e revisão da proposta, o início da fase de implementação formal iniciou no dia 17 de outubro de 2022 e foi finalizada no dia 28 de outubro de 2022.

Ao analisarmos o quadro 18, conforme já mencionado, foram somadas 3 horas e 23 minutos de paradas devido ao operador do equipamento estar trabalhando em duas máquinas simultaneamente, onde um equipamento ficava sem operação, enquanto o outro equipamento estava em operação. Essa soma é relativa a apenas dois motivos específicos de deslocamento de operador da máquina e representa 18,06% do total dos tempos de parada na fase piloto.

Após feita a análise desses resultados da fase piloto, a empresa realizou duas alterações na célula para a fase formal, com o intuito de melhorar a gestão dos tempos de parada e da gestão dos equipamentos:

- a) Foi nomeada uma pessoa responsável pela célula: Anteriormente a pessoa responsável, além do líder da fábrica, era o programador, porém, devido ao fato dessa pessoa não trabalhar na célula em tempo integral, algumas paradas ou tomadas de decisão tomavam muito tempo e prejudicavam a disponibilidade da célula.
- b) Foi alocado um operador específico em tempo integral para o equipamento de número 167, para evitar os deslocamentos de máquinas para operar outro equipamento simultaneamente durante a execução formal do trabalho.

O intuito dessas ações é possibilitar a verificação do impacto que essas alterações terão no IROG. Também foi designado uma pessoa responsável pela célula, pois com isso, o monitoramento dos apontamentos e a precisão de como eles serão realizados pode ser maior. Essa pessoa responsável, também poderá fazer a análise de como alocar cada operador em cada máquina, para poder extrair os melhores índices de cada equipamento junto aos líderes e gerentes da empresa.

Essa ação tomada pela empresa reforça um dos componentes do *shop floor management*, que é a solução de problemas onde o problema deve ser identificado na sua causa raiz e, a partir disso, tomar as ações necessárias para a correção do problema.

A implementação formal também teve o foco sobre outros dois componentes do *shop floor management*, que são a gestão visual e o acompanhamento dos *KPIs*, com a divulgação dos resultados diários dos índices atingidos por cada equipamento, assim como a divulgação dos tempos de paradas que mais afetam a disponibilidade de cada equipamento. A intenção dessas duas ações é dar autonomia aos operadores em relação à análise dos seus próprios dados, e fazer com que eles sejam capazes de analisar os seus resultados e apontarem ou executarem as ações necessárias para as melhorias necessárias. A gestão visual também é importante e fornece o suporte aos operadores, líderes e gerentes da empresa, pois com os resultados dos índices expostos, é possível fazer a verificação em tempo real dos equipamentos que estão operando dentro da meta estipulada e quais equipamentos precisam de interferência ou correções.

Para a gestão visual da célula, devido à impossibilidade da instalação da TV durante a execução formal do método, a gestão visual com os resultados no posto de trabalho foi compartilhada com gráficos e dados impressos com informações dos valores dos índices do IROG, bem como as informações da soma dos tempos de parada de máquina relacionados com o seu motivo. Essas informações também foram compartilhadas por e-mails com os gestores para uma ampla divulgação dos resultados. O exemplo dos resultados apresentados da semana dos dias 03 de outubro ou dia 07 de outubro estão expostas nos Apêndices H, I e J.

4.8 ANÁLISE DOS RESULTADOS E EXECUÇÃO DOS PLANOS DE AÇÃO

Com o encerramento da fase formal no dia 28 de outubro, e a partir de todas as coletas de dados, foram discutidos os resultados obtidos e os planos de ações necessários do método proposto. As análises finais dos resultados também compararam os resultados obtidos

durante a fase piloto e a fase formal, com intuito de verificar a evolução entre essas duas fases.

Como descrito anteriormente, o equipamento de número 167 contou com um operador fixo durante a execução da fase formal, e os resultados obtidos para os índices estão apresentados nos Quadros 19 e 20.

Quadro 19 – Resultados da Semana de 17/10/2022 a 21/10/2022

Dia	μ1 - Disponibilidade	μ2 - Desempenho	μ3 - Qualidade	μ global
17/10/2022	0%	0%	100,00%	0%
18/10/2022	0%	0%	100,00%	0%
19/10/2022	82,23%	95,04%	98,00%	78,15%
20/10/2022	87,44%	92,06%	100,00%	80,50%
21/10/2022	2,67%	82,76%	95,00%	2,21%
Média Semana	34,47%	53,97%	98,60%	32,17%
Média dos Dias 19/10 a 21/10	57,45%	89,95%	97,67%	53,62%

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Quadro 20 – Resultados da Semana de 24/10/2022 a 28/10/2022

Dia	μ1 - Disponibilidade	μ2 - Desempenho	μ3 - Qualidade	μ global
24/10/2022	91,59%	72,95%	100,00%	66,81%
25/10/2022	68,12%	74,44%	98,73%	50,06%
26/10/2022	23,49%	89,13%	100,00%	20,94%
27/10/2022	49,31%	60,93%	98,44%	29,57%
28/10/2022	59,94%	89,29%	100,00%	53,52%
Média Semana	58,49%	77,35%	99,43%	44,18%

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

O equipamento de número 167 precisou passar por um período de manutenção não programada durante a execução formal do método, nos dias 17/10 e 18/10. Por esse motivo, foram realizadas duas análises distintas:

- a) Primeira análise: Foram considerados os dois dias em que máquina ficou em manutenção, se obtendo 34,47% de média de disponibilidade na semana;
- b) Segunda análise: Foram descartados das análises os dias 17/10 e 18/10, se obtendo 57,45% de média de disponibilidade na semana.

Foram feitas essas duas análises, para se observar que os dois dias não trabalhados irão afetar negativamente os índices acumulados da semana. Ficou também evidenciado que a disponibilidade do equipamento tem um valor abaixo da meta, pois a empresa aplica a ferramenta 5S, com foco em limpeza, onde os equipamentos não operam no turno da tarde na sexta-feira para se executar a limpeza do equipamento.

A partir dessa análise, foram realizadas as análises dos tempos de parada de máquina com os seus respectivos motivos, que estão apresentados nos Quadros 21 e 22.

Quadro 21 – Tempos de Paradas de Máquina da Semana 17/10/2022 a 21/10/2022

Tipo de Parada	Tempo Total
LIMPEZA	08:16:55
BANHEIRO	00:27:45
REMOCAO CAVACOS MAQ	00:18:08
AJUSTE / FABRICACAO DISPOSITIVO	00:14:14
TROCA FERR / INSERTO	00:14:00
PARADA AUTOMÁTICA	00:09:45
AUX OPERADOR OUTRA MAQ.	00:08:11
MEDICAO NA QUALIDADE	00:00:52

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Quadro 22 - Tempos de Paradas de Máquina da Semana 24/10/2022 a 28/10/2022

Tipo de Parada	Tempo Total
SETUP	05:54:38
MEDICAO NA QUALIDADE	03:15:06
LIMPEZA	03:02:54
FALTA DE PECA	01:43:54
AJUSTE PROG CNC	01:21:45
TROCA FERR / INSERTO	01:10:41
BANHEIRO	01:02:08
DESLOC OUTRA MAQ.	00:28:09
AGUARDANDO PROD OUTRA MAQ.	00:18:16

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Analisando os tempos de paradas durante a execução formal, podemos observar que o equipamento não teve tempos de paradas por deslocamento de equipamento que afetavam negativamente a disponibilidade do equipamento, como havia quando o operador trabalhava em dois equipamentos simultaneamente. Por outro lado, observa-se que o equipamento teve um acréscimo de tempo de parada pelo motivo de LIMPEZA, pois em ambas as semanas da fase formal, o equipamento parou na sexta-feira para realizar a limpeza do equipamento.

Como já comentado, a limpeza dos equipamentos sempre ocorre na sexta-feira, não sendo uma regra, mas ocorrendo sempre que possível.

É possível observar também, que na semana dos dias 24/10 a 28/10 o equipamento somou um total de quase 6 horas referente à realização de 5 *setups*. Com isso, torna-se necessário se realizar um acompanhamento mais aprofundado para verificar se esse tempo pode ser reduzido, aplicando ferramentas do *lean manufacturing*, como por exemplo a troca rápida de ferramenta, para possibilitar a realização do maior número de atividades relacionadas ao *setup* por outras áreas da empresa enquanto o equipamento está em operação. O Quadro 23 também aponta ações que podem contribuir positivamente para a redução dos tempos de *setup*.

Nessa mesma semana, outras paradas foram observadas, e elas podem ter uma avaliação por parte dos gestores, para tomadas de ação que podem reduzir esse tipo de parada, seja pela utilização de ferramentas do *lean* ou por uma avaliação da sistemática adotada nos sistemas de produção utilizados pela empresa. Foram estratificadas 4 paradas e sugerido ações conforme ilustradas no Quadro 23.

Quadro 23 – Possíveis Ações para Paradas de Máquinas

Tipo de Parada	Tempo	Possível Ação
MEDICAO NA QUALIDADE	03:15:06	Criação de dispositivos que possibilitem a medição da peça no equipamento, como a criação de padrão de conferência para aprovação da peça
FALTA DE PECA	01:43:54	Análise do PCP para monitoramento da produção, para definir o melhor momento da realização do <i>setup</i> ou verificação se a máquina deve ficar sem operação ao aguardar peça de outra operação
AJUSTE PROG CNC	01:21:45	Envolvimento da pessoa nomeada líder da célula, para não depender do programador para realizar ajustes de programas. Padronização dos programas e uso do sistema MES para envio do programa padrão para o banco de dados utilizado pela empresa.
TROCA FERR / INSERTO	01:10:41	Utilização do TRF para possibilitar redução do tempo. Utilização de ferramentas gêmeas no posto de trabalho, para possibilitar uma troca de ferramenta de corte mais rápida e a posterior substituição pelo setor de <i>preset</i> de ferramentas

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Feito essas análises, os resultados obtidos dos índices durante a fase piloto e a fase formal estão apresentados na Tabela 3, onde os resultados contabilizaram os dias 17/10 e 18/10 não trabalhados durante a execução da fase formal, e apresentados na Tabela 4, onde os dias 17/10 e 18/10 foram excluídos da análise para o cálculo dos índices.

Tabela 3 – Evolução do IROG

Índice	Semana		
	03/10 a 07/10	17/10 a 21/10	24/10 a 28/10
Disponibilidade	53,98%	34,47%	58,49%
Performance	103,71%	53,97%	77,35%
Qualidade	99,07%	98,60%	99,43%
IROG	55,35%	32,17%	44,18%

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Tabela 4 – Evolução do IROG, excluindo os dias 17/10 e 18/10

Índice	Semana		
	03/10 a 07/10	19/10 a 21/10	24/10 a 28/10
Disponibilidade	53,98%	57,45%	58,49%
Performance	103,71%	89,95%	77,35%
Qualidade	99,07%	97,67%	99,43%
IROG	55,35%	53,62%	44,18%

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Com essa comparação entre os resultados, é possível verificar que o índice de disponibilidade, que era o índice com valores mais abaixo da meta, obteve uma leve melhora de quase 5% no decorrer das semanas da aplicação da fase formal, porém não atingiu a meta de 90% estabelecida nas literaturas, e com isso se faz necessário a criação e execução de alguns planos de ação para elevar esse índice e discussão de como considerar algumas paradas de máquina:

- a) A parada LIMPEZA sempre irá diminuir o índice de disponibilidade. Pelo fato de a empresa possuir na sua cultura a limpeza como forma de manutenção preventiva, se faz necessária a avaliação se essa parada deve ser uma parada programada ou uma parada não programada;
- b) A alocação de um operador fixo para cada máquina na célula mostrou que os tempos com deslocamento foram reduzidos, e com isso, se faz necessária a avaliação se essa ação será mantida na célula ou os operadores devem trabalhar em mais de um equipamento simultaneamente;

- c) A instalação da TV no setor irá melhorar a gestão visual da célula, uma vez que os valores dos índices serão disponibilizados em tempo real e não apenas ao final do turno;
- d) Se faz necessário um acompanhamento em relação aos apontamentos no sistema MES, pois apesar de o número de inconsistência nos apontamentos ter diminuído consideravelmente após os treinamentos, ainda foi possível encontrar erros nos apontamentos ou dúvidas em relação aos apontamentos pelos operadores;
- e) Os apontamentos relacionados à qualidade, ou $\mu 3$, foram iniciados durante a fase piloto e serão seguidos na célula após a finalização da fase formal, no entanto, o amadurecimento desse apontamento, bem como a análise dos gestores em relação a esse índice precisa ter uma sistemática criada para avaliação e tomada de ações de todos os envolvidos, desde os operadores até os gestores.

A análise dos resultados do índice de desempenho mostrou que esse índice se aproxima mais da meta de 95%, isso se deve pelo fato da sistemática que a empresa já utiliza em relação à utilização do sistema MES, onde a equipe de TI faz o acompanhamento em tempo real da performance dos equipamentos, sendo possível fazer as correções necessárias no momento em que a eficiência está abaixo do estabelecido. Ainda assim, esse índice possui margem para melhorias.

4.9 GESTÃO PELA CONTINUIDADE DO SFM

Após a execução de todas as etapas do trabalho e análise dos resultados junto aos envolvidos na empresa, ficou evidenciado que a gestão dos postos de trabalho com a utilização do IROG e a utilização de ferramentas do método do *shop floor management*, foi capaz de mostrar para a empresa onde as suas maiores perdas são encontradas, bem como oportunidades de melhorias para a evolução positiva dos indicadores de uma forma geral. Nesse sentido, para a continuidade do método, algumas ações são necessárias após o encerramento do trabalho:

- a) Tomar as ações necessárias que foram elencadas na análise de resultados e execução dos planos de ação, e continuar a monitorar a célula;
- b) Utilizar o método utilizado no trabalho para as demais máquinas que possuem os terminais do sistema MES já instalados, para uma avaliação de toda a fábrica.

Essa avaliação poderá servir de justificativa para investimentos de terminais para os equipamentos que não possuem os terminais;

- c) Definir uma metodologia de trabalho e um responsável para analisar os dados gerados pelo sistema MES, para possibilitar as ações necessárias para a melhoria contínua dos indicadores da empresa, bem como deixar todos os colaboradores cientes dos resultados e ações tomadas com a utilização do método proposto.

5 CONCLUSÃO

Esse trabalho teve como objetivo geral a implementação do método *shop floor management* em uma célula de quatro centros de usinagem, para melhorar a estruturação de indicadores de desempenho das máquinas, que já tinham um sistema MES instalado, utilizando como base o cálculo do IROG. Para tanto, ainda contou com os objetivos específicos de analisar os atuais indicadores e identificar os pontos fortes e oportunidades de melhoria, uma vez, que a empresa já possuía uma estruturação de análise de dados, mas não suficiente para analisar o IROG.

A utilização dos componentes do *shop floor management*, como a padronização do trabalho, solução de problemas, e principalmente, a gestão visual e o acompanhamento de *KPIs*, possibilitaram para empresa um melhor entendimento dos seus índices e os principais motivos de paradas de máquinas, fazendo com que a empresa tenha, em suas mãos, as informações necessárias para tomadas de decisão mais assertivas, no dia a dia da gestão do chão de fábrica.

Em relação à implementação da análise do IROG, com a utilização do sistema MES já utilizado pela empresa, um dos aspectos importantes a ser destacado foi a participação de todos os envolvidos no projeto, pois a utilização correta do MES, em relação aos apontamentos diários tem influência direta nos dados gerados, e por consequência, nos resultados e planos de ação a serem tomados para as melhorias contínuas. Por isso, os treinamentos em relação ao MES e o envolvimento de todos os participantes foram fundamentais para os resultados encontrados no decorrer do trabalho.

O estudo foi capaz de identificar os maiores tempos de perdas dentro da célula, e com isso, possibilitar à gerência tomar as ações necessárias para as melhorias, como por exemplo, no equipamento 167, onde anteriormente ao método proposto, devido aos operadores trabalharem em dois equipamentos simultaneamente, havia um número grande de ocorrências de tempo perdido em deslocamento de equipamento. Após evidenciado esse problema, e alocado operador específico para cada equipamento, foi verificado uma redução 85,27% nos tempos de deslocamento de máquina. Esse resultado influenciou positivamente na disponibilidade do equipamento 167, resultando uma média semanal de disponibilidade de 58,49% ao final do estudo, contra um valor de 53,98% medido na fase piloto.

O presente trabalho também permitiu concluir que o índice que mais afeta o IROG, é a disponibilidade dos equipamentos, devido ao elevado índice de paradas de máquinas. Além dos tempos com deslocamento, ainda se observa tempos de paradas excessivas, principalmente por tempos de *setup*, troca de ferramentas de corte e paradas relacionadas à medição dos itens fabricados, que por exemplo, totalizaram 56,53% do tempo desperdiçado na semana dos dias 24 a 28 de outubro, que poderiam ser evitados ou reduzidos com o uso de ferramentas do STP, por exemplo.

O método proposto neste estudo, também foi capaz de utilizar o cálculo de qualidade no IROG, através dos apontamentos do sistema MES que não eram realizados antes do trabalho, possibilitando à empresa um melhor entendimento do nível de qualidade dos seus processos. Todavia, por ser uma atividade nova, o amadurecimento dos apontamentos relacionados à qualidade, bem como a gestão e ações a serem tomadas com as informações geradas pelo MES, por parte dos gestores e do setor da qualidade precisam ser aperfeiçoadas, para permitir que as ações necessárias sejam tomadas, tanto para se conter o problema como para criar planos de ações para evitá-los em sua causa raiz.

Dessa forma, conclui-se que o trabalho atingiu o seu objetivo geral e os objetivos específicos, pois com a metodologia proposta foi possível realizar os cálculos do IROG utilizando o sistema MES, e com base nos resultados e nas ferramentas propostas do *shop floor* management, foi possível se analisar os dados gerados e dar o fundamento teórico suficiente para os gestores tomarem as ações necessárias na prática, em busca da melhoria contínua da gestão dos recursos e processos.

Como sugestão para trabalhos futuros, sugere-se a perpetuação do método nas demais máquinas, utilizando-se a mesma metodologia e realizando os treinamentos necessários com todas as pessoas da operação, desde os operadores, até os líderes e áreas de apoio da empresa. Também se faz necessário um aprimoramento da gestão dos dados gerados pelo índice de qualidade, garantindo a integração do departamento da qualidade junto ao chão de fábrica para análise, avaliação e tomadas de decisão dos itens não conforme.

Outra sugestão para trabalho futuro é a utilização do Power BI utilizado pela empresa, para extrair mais conhecimento sob os dados computados e com isso possibilitar e direcionar as ações necessárias para melhorias. O Power BI proporciona a análise entre as produções já realizadas e a praticada, possibilitando a avaliação sob a evolução dos tempos

praticados na produção dos seus itens com um maior aprofundamento das informações e devido ao seu alto potencial de integração.

REFERÊNCIAS

- AMORIN, A. M. **Desenvolvimento de uma ferramenta de gestão visual para controle de produtividade de obras:** estudo de caso. 2016. 64 f. Dissertação (Graduação de Engenharia de Produção) – Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2016.
- ANTUNES, J. **Sistemas de produção:** conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- ANTUNES., J. A. V. A. et al. **Uma revolução na produtividade: a gestão lucrativa dos postos de trabalho.** Porto Alegre: Grupo A, 2012.
- BADIRU, A. B. **The story of industrial engineering:** The rise from shop-floor management to modern digital engineering. New York: Taylor & Francis Group, 2019.
- BATALHA, M. O. et al. **Gestão da produção e operações.** São Paulo: Grupo GEN, 2019.
- COSTA, R. S.; JARDIM, E. G. M. **Gestão de operações de produção e serviços.** São Paulo: Grupo GEN, 2017.
- ESMÉRIO, D. K. **Aplicação do sistema lean manufacturing: um estudo de caso com ênfase na gestão visual.** 2019. 60 f. Dissertação (Graduação em Administração) – Universidade Federal de Santa Maria. Palmeira das Missões, 2019.
- FORMOSO, C. T. **Gestão da segurança e saúde no trabalho na construção civil:** Novas abordagens teóricas e boas práticas em países Ibero-americanos. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2020.
- FRANCISCHINI, A. S. N., FRANCISCHINI, P. G. **Indicadores de desempenho:** dos objetivos à ação – métodos para elaborar KPIs e obter resultados. Jacaré, RJ: Alta Books, 2017.
- GALSWORTH, G. D. **Visual systems – harnessing the power of a visual workplace.** New York: Amacom, 1997.
- GASPAR, F.; LEAL, F. A methodology for applying the shop floor management method for sustaining lean manufacturing tools and philosophies: a study of an automotive company in Brazil. **International Journal Of Lean Six Sigma**, v. 11, n. 6, p. 1219-1238, jun. 2020.
- GASPERIN, C.; PALOMINO, R. C. Aplicação do índice de eficiência global dos equipamentos numa indústria metalmeccânica de pequeno porte. **XIII SIMPEP.** Bauru, 2006
- HANENKAMP, N. The process model for shop floor management implementation. **Advances in industrial engineering and management**, v.2, n.1, p.40-46, 2013.
- HANSEN, R. C. **Eficiência global dos equipamentos:** uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros. Porto Alegre: Bookman, 2006.

HERTLE, C. et al. **The next generation shop floor management – how to continuously develop competencies in manufacturing environments**. The 23rd International Conference on Production Research. Manila, Philippines. 2015.

HERTLE, C. et al. **Recording Shop Floor Management Competencies – A Guideline for a Systematic Competency Gap Analysis**. *Procedia Cirp*, Darmstadt, v. 57, n.8, p. 625-630, nov. 2016.

KRUPAHTZ, J. et al. Gestão visual de projetos audiovisuais: aprimorando o processo criativo do design de produção. **Modapalavra E-Periódico**, Florianópolis, v. 14, n. 31, p. 70-92, jan. 2021.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota**. Porto Alegre: Grupo A, 2015.

MANN, D. **Creating a Lean culture: tools to sustain lean conversions**. New York: Productivity Press, 2005.

MONDEN, Y. **Sistema Toyota de produção**. Porto Alegre: Grupo A, 2015.

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM**. São Paulo: IMC, 1989.

NEVES, J. M. S. **Contribuição da implantação da tecnologia de informação MES – manufacturing execution system – para a melhoria das dimensões competitivas da manufatura – estudo de caso Novelis Brasil LTDA**. 2011. Dissertação (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista. São Paulo, 2011.

PETERS, R. **Shop floor management**. Ludwigsburg: Log_X Verlag, 2009.

PRODANOV, C. C.; FREITAS E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. Novo Hamburgo, RS: Feevale, 2013. *E-book*.

RODRIGUES, C. A.; CANELADA, M. **Utilização de KPI – indicadores de desempenho na cadeia de suprimentos**. Um estudo de caso em indústria metalúrgica no setor da construção civil. 2015. 60 f. Dissertação (Graduação de bacharel em administração) – Fundação de Ensino Eurípedes Soares da Rocha. Marília, 2015.

SANTOS, P. V. S.; SANTOS L. P. G. Gestão de indicadores: um estudo de caso no setor de serviços. **Revista Brasileira de Engenharia de Produção**, São Mateus, v. 4, n. 4, p. 115-133, nov 2018.

SILVA, N. F.; et al. **Overall labor effectiveness (OLE) como indicador de eficiência na manufatura: um estudo de caso no polo industrial de Manaus**. ENEGEP, Santos, 2019. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_WPG_290_1634_38596.pdf> Acesso em 15 fev. 2022.

SIMAS, A. F. L. **Gestão visual em sistemas lean: Metodologia de uniformização**. 2016. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) – Universidade Nova de Lisboa. Caparica, 2016.

SUZAKI, K. **The new shop floor management**: empowering people for continuous improvement. New York: Free Press, 1993.

TORRES, D.; PIMENTEL, C.; DUARTE, S. Shop floor management system in the context of smart manufacturing: a case study. **International Journal Of Lean Six Sigma**, v. 11, n. 5, p. 823-848, nov. 2019.

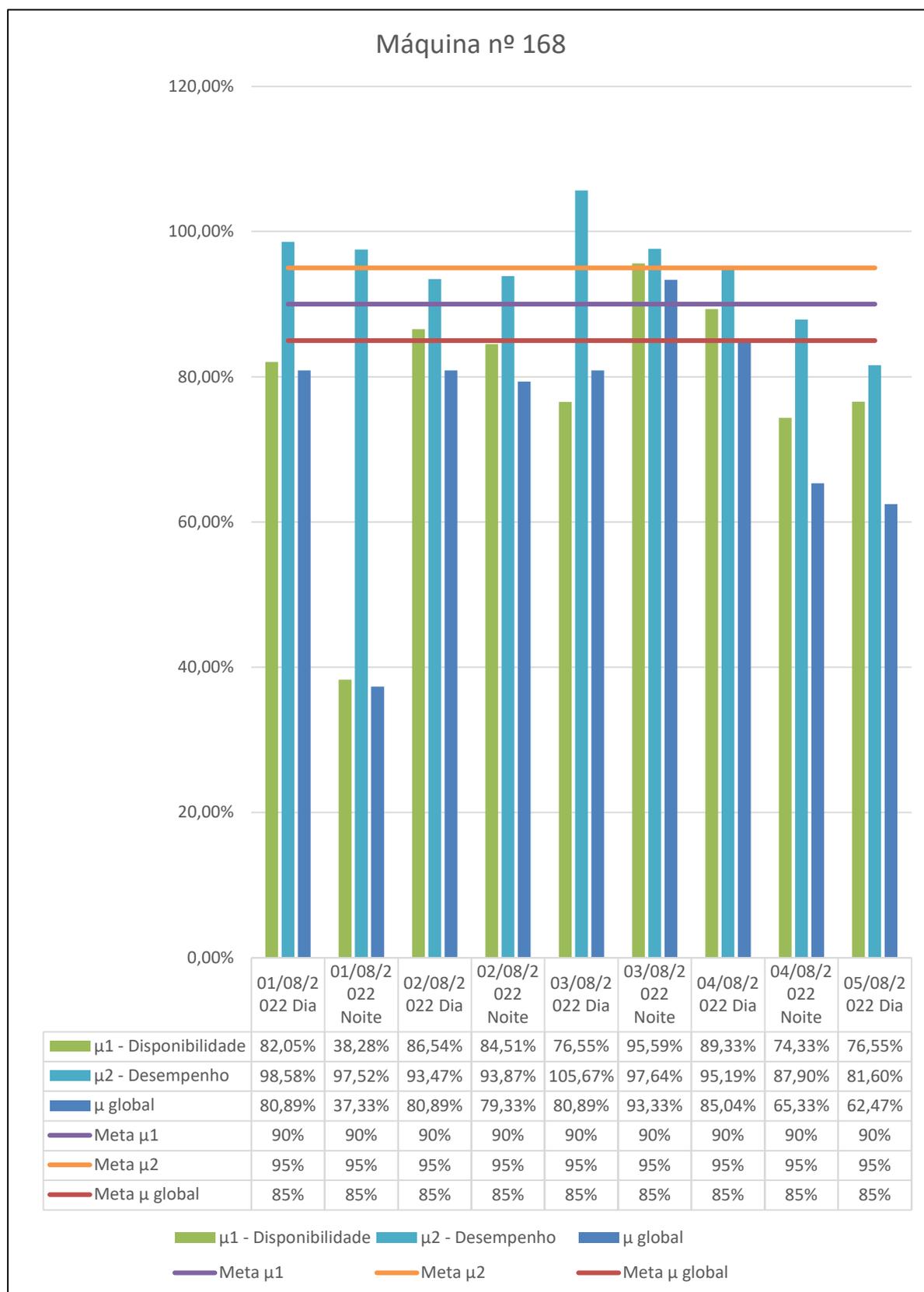
TRIPATHI, V. et al. A Sustainable Methodology Using Lean and Smart Manufacturing for the Cleaner Production of Shop Floor Management in Industry 4.0. **Mathematics**, v. 10, n. 3, p. 347-345. jan. 2022.

VANDERLEI, M. L. **implantação de controle baseado no sistema de execução da manufatura (MES)**: análise em empresa de usinagem no setor aeronáutico. 2009. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade de Taubaté. Taubaté, 2009.

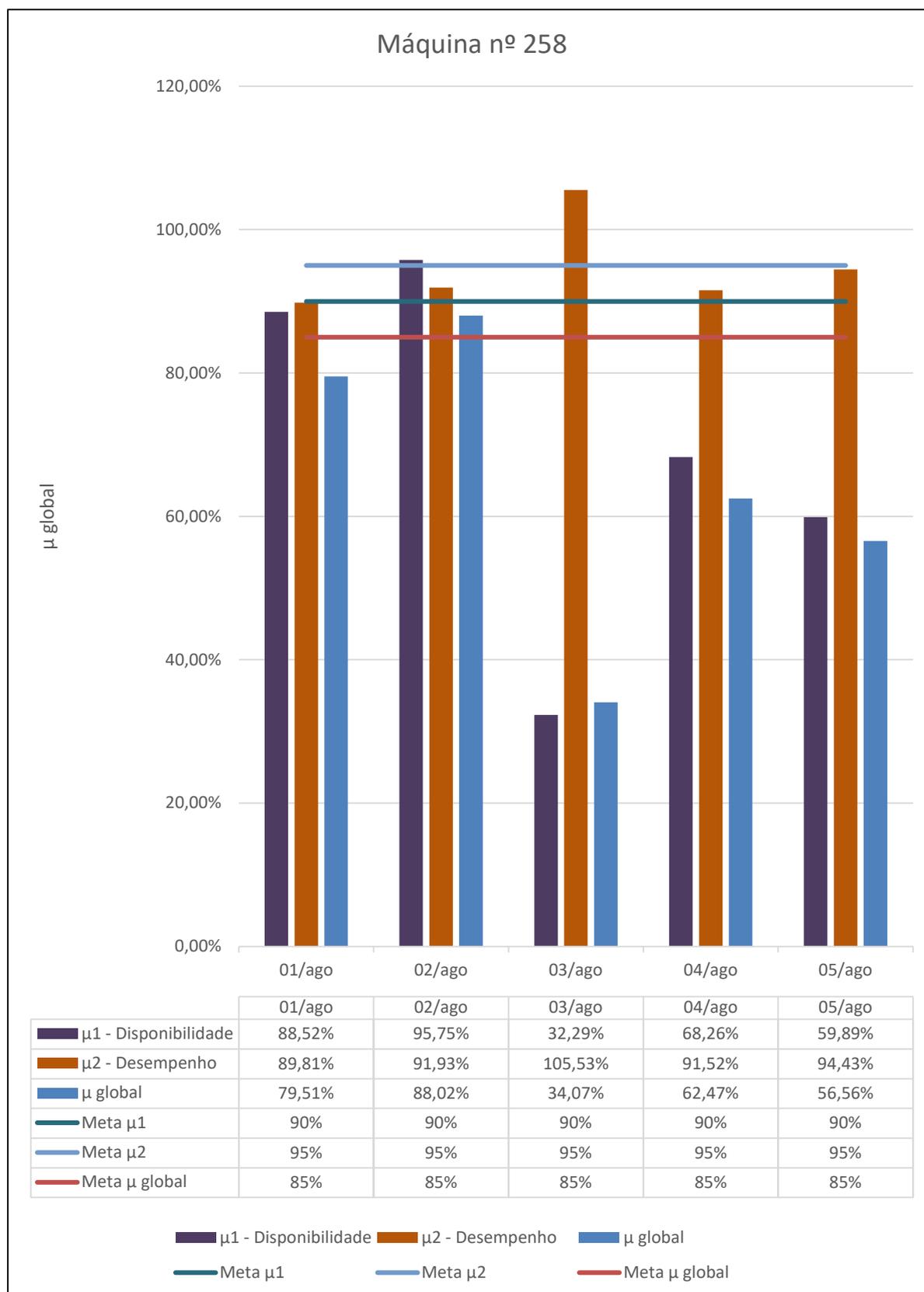
WERKEMA, C. **Lean seis sigma** – introdução às ferramentas do Lean Manufacturing. São Paulo: Grupo GEN, 2011.

ZONDO, R. W. D. Influence of a shop floor management system on labour productivity in an automotive parts manufacturing organisation in South Africa. **South African Journal of Economic and management Sciences**, Durban, v. 23, n.1, p. 327-345, fev. 2020.

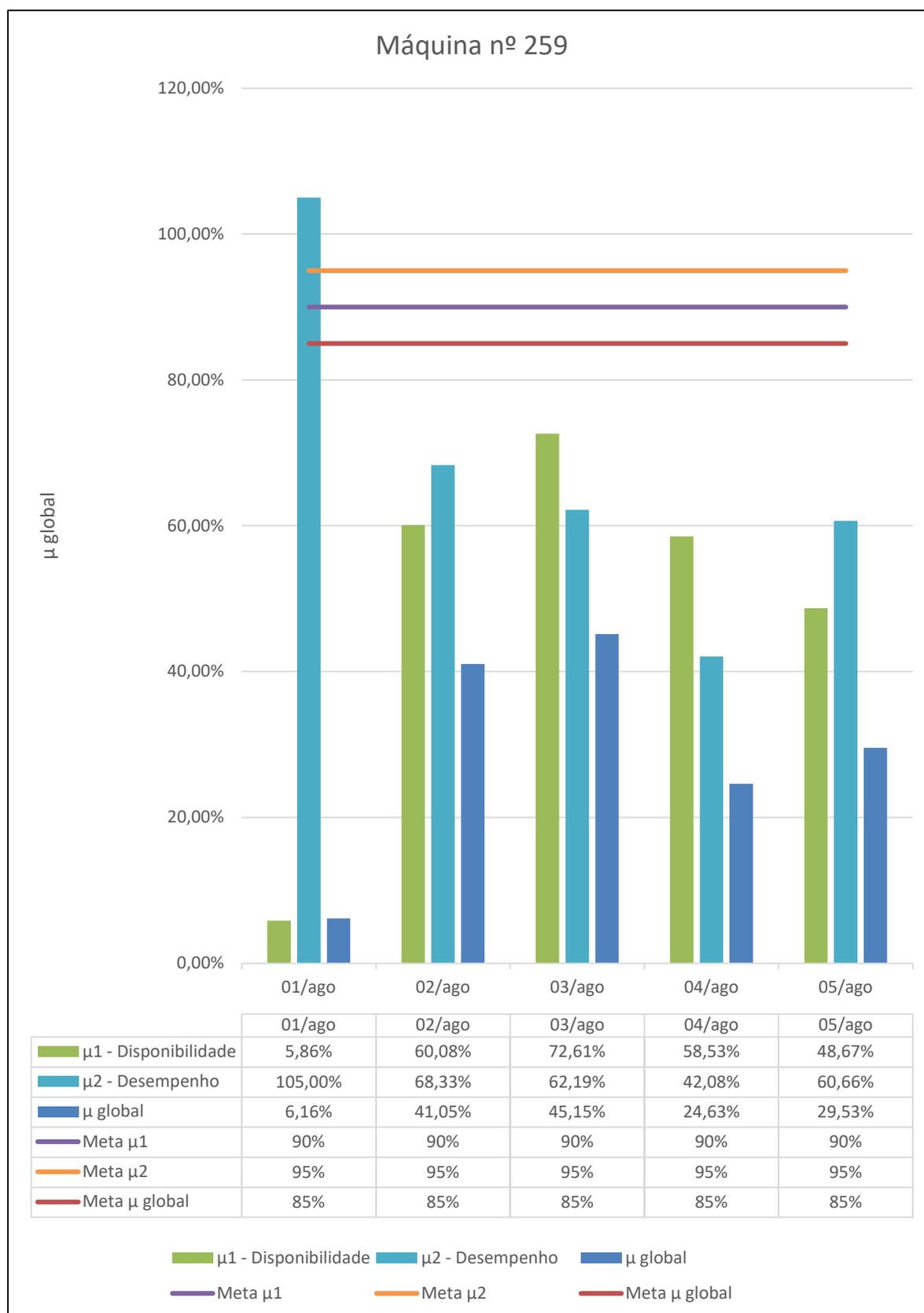
APÊNDICE A - ÍNDICES μ_1 , μ_2 E μ GLOBAL DA MÁQUINA 168



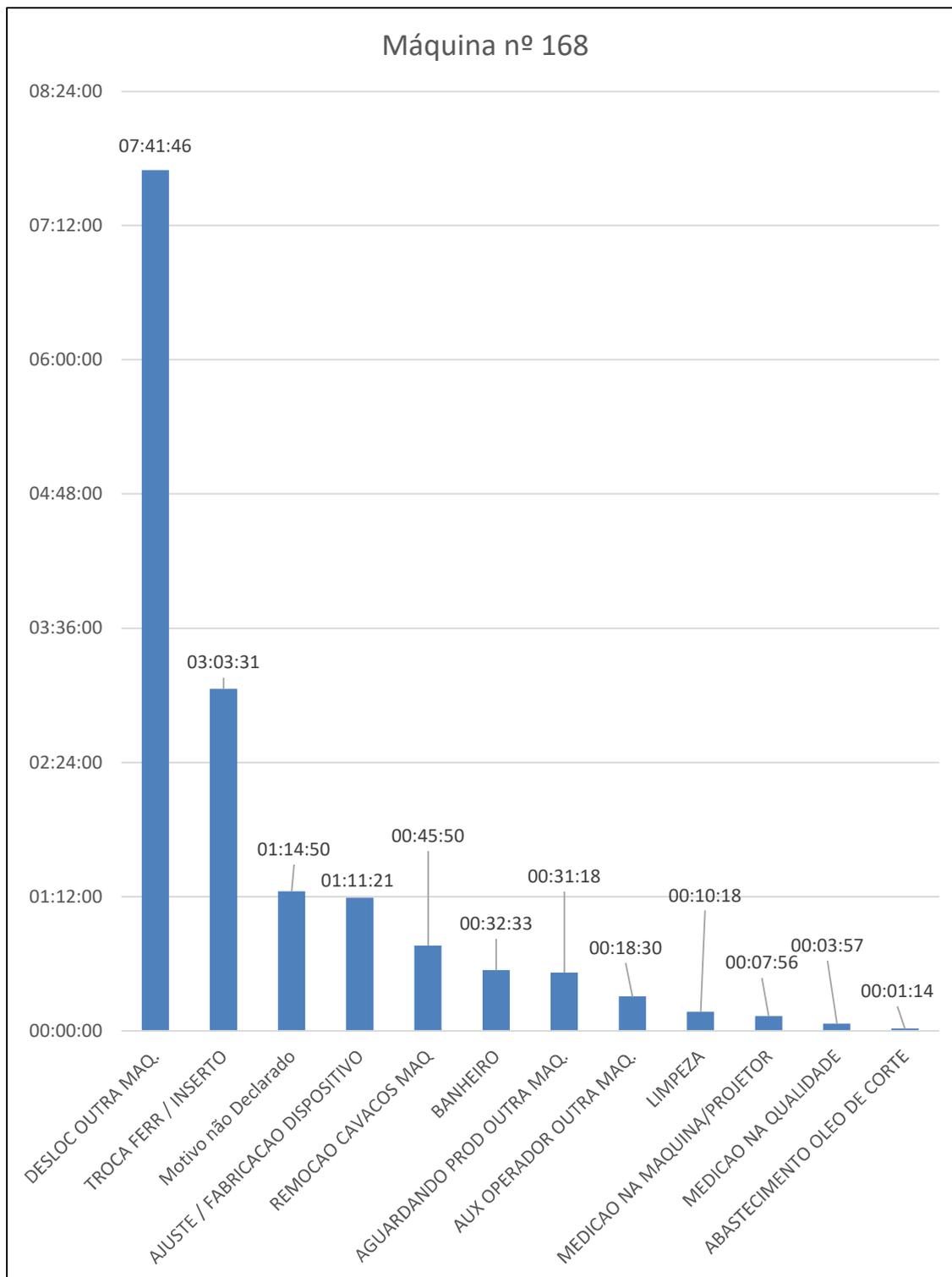
APÊNDICE B - ÍNDICES μ_1 , μ_2 E μ GLOBAL DA MÁQUINA 258

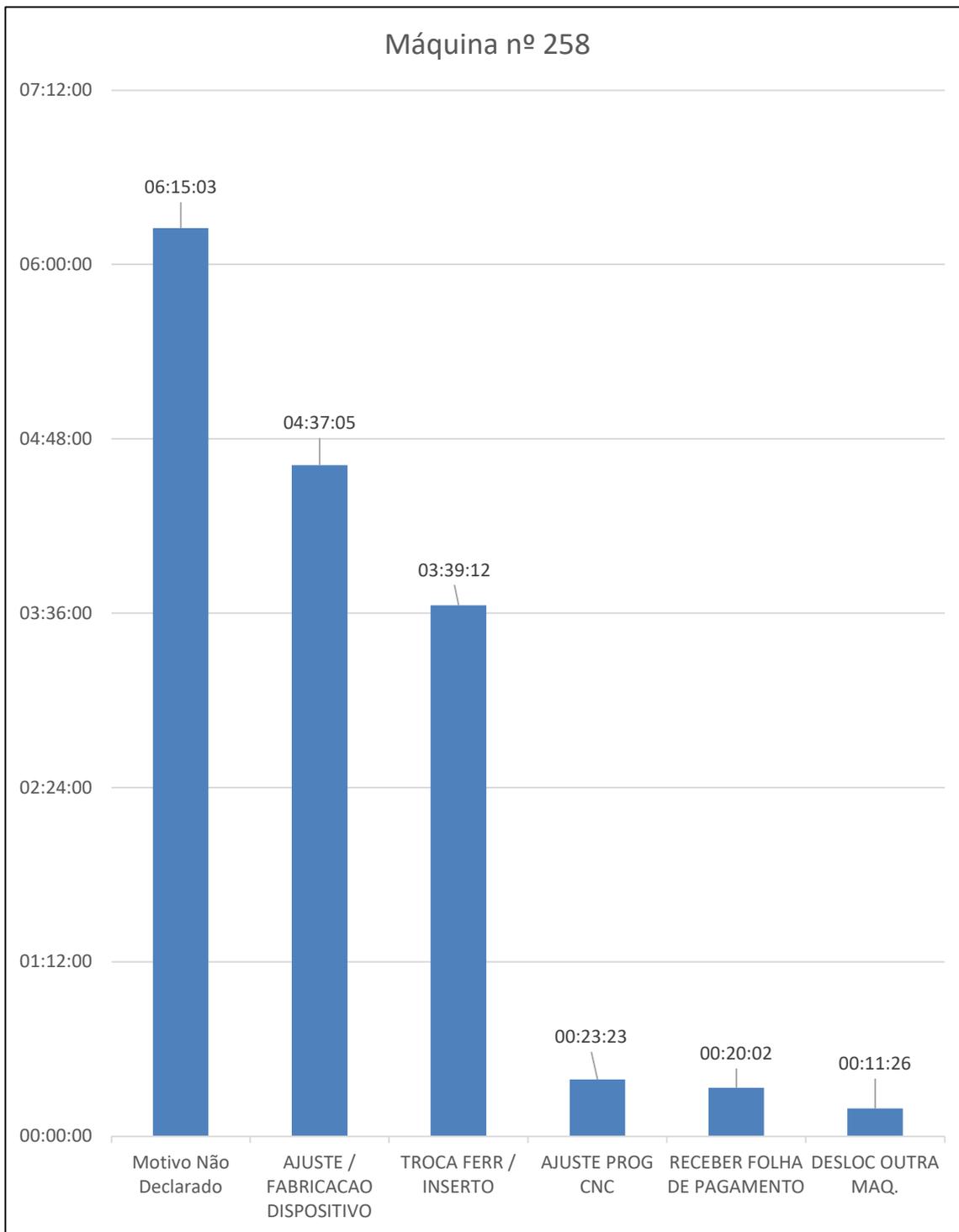


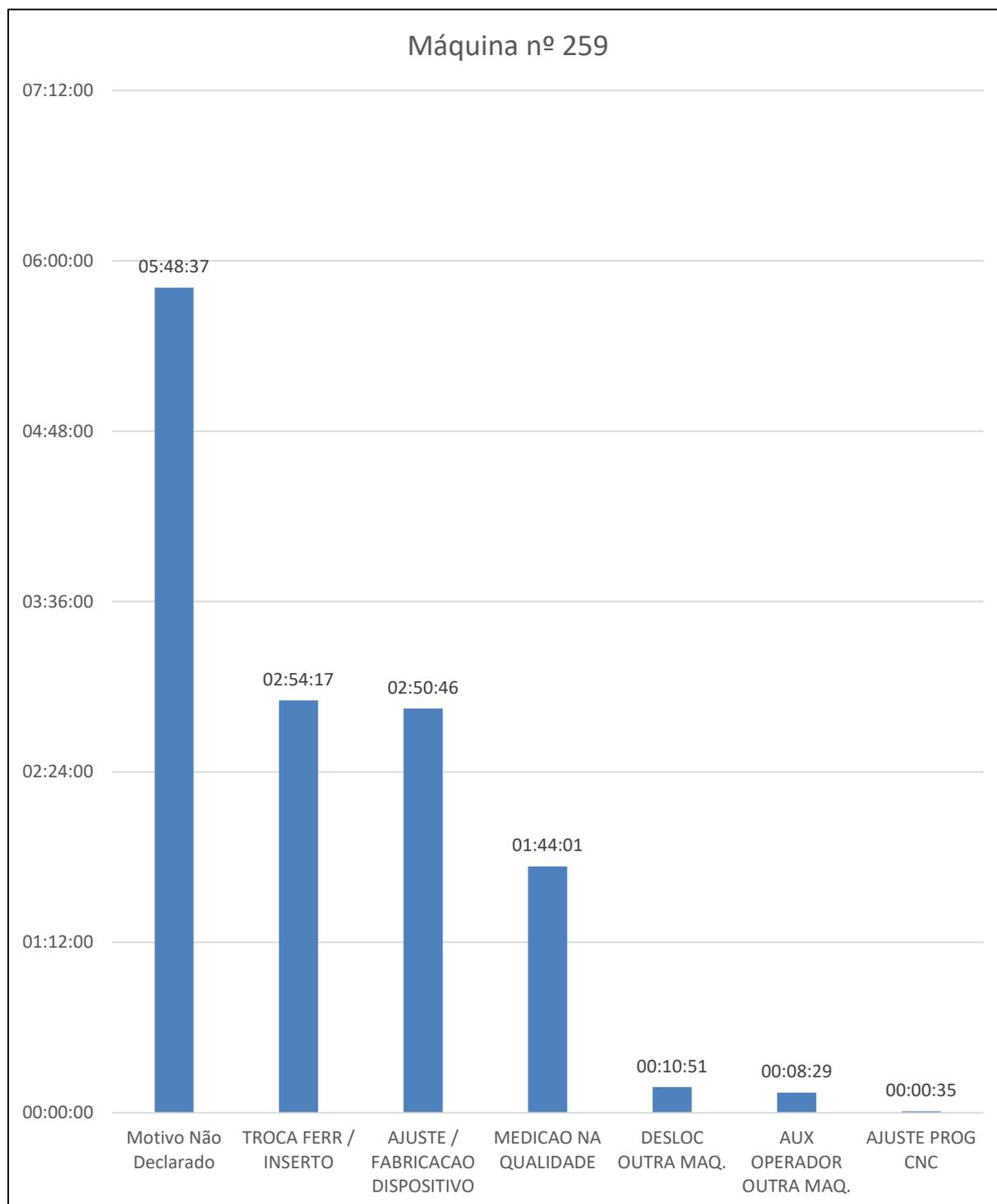
APÊNDICE C - ÍNDICES μ_1 , μ_2 E μ GLOBAL DA MÁQUINA 259



APÊNDICE D - PARETO DAS PARADAS DA MÁQUINA 168



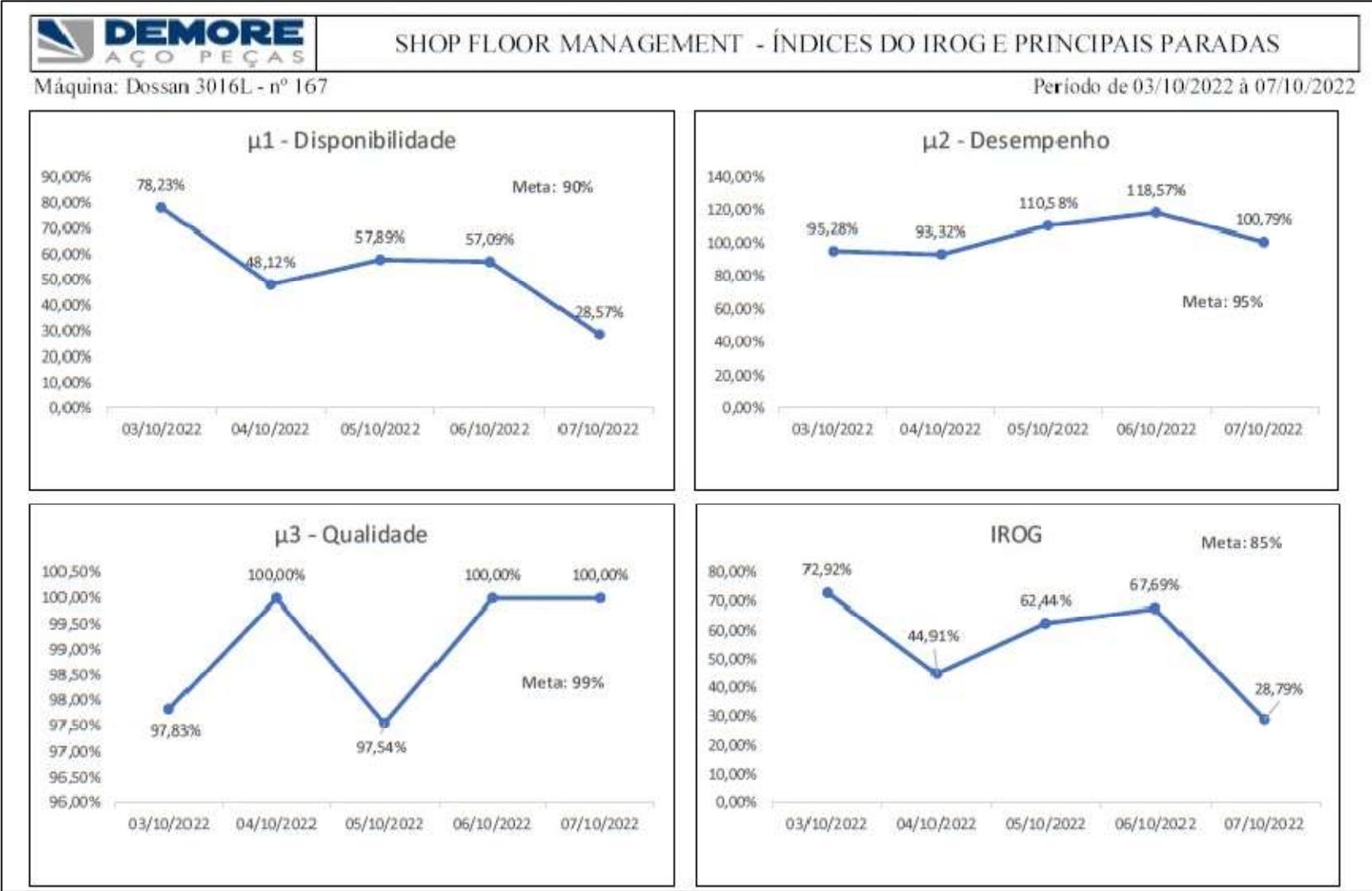
APÊNDICE E - PARETO DAS PARADAS DA MÁQUINA 258

APÊNDICE F - PARETO DAS PARADAS DA MÁQUINA 259

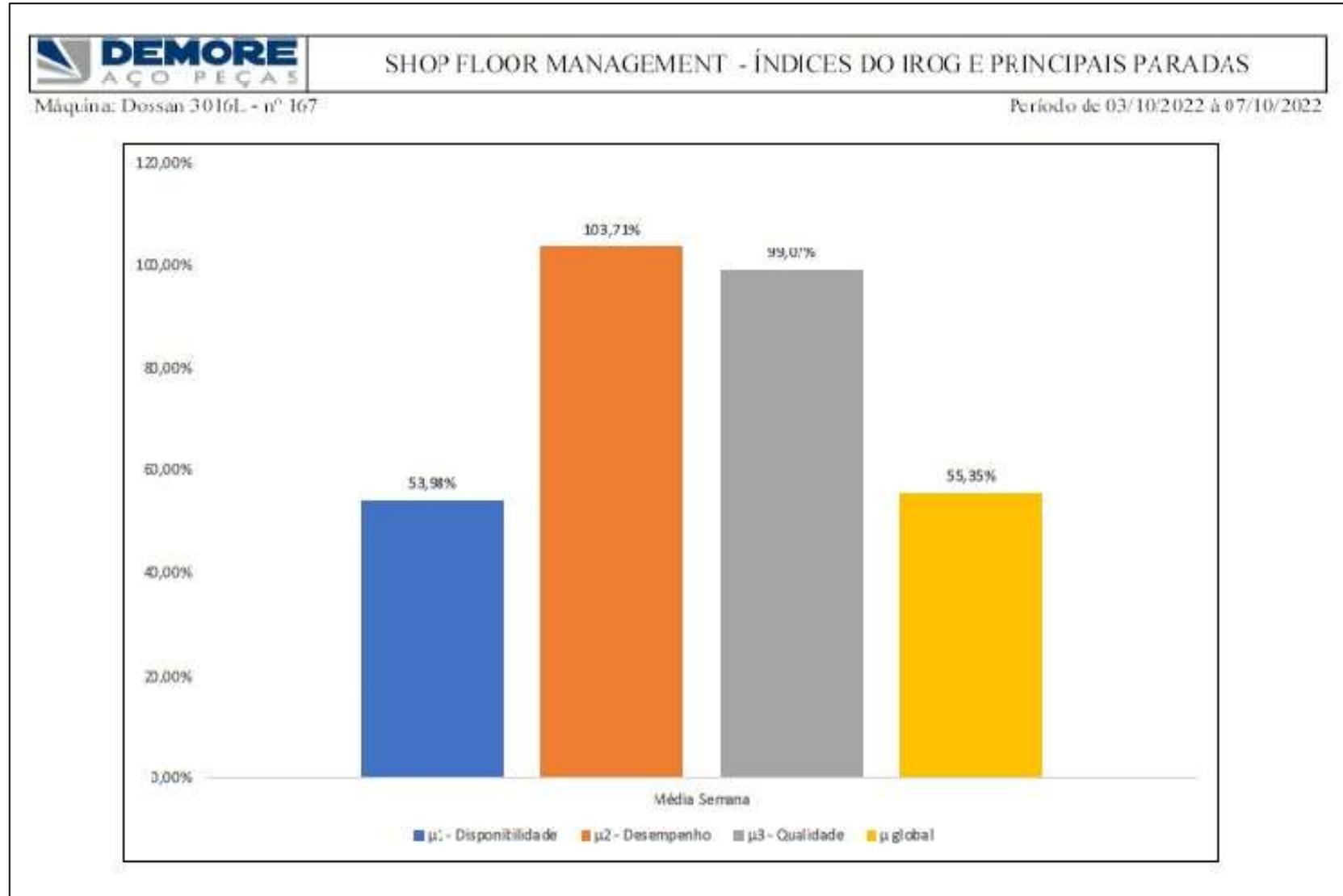
APÊNDICE G – REGISTRO DOS TREINAMENTOS NO RD2

AÇO PEÇAS DEMORE - Registro de Treinamento				
Evento: Treinamento da Mêsada IROG e apontamentos no MES				
Local: Gembo			Data e Hora: 03/10/2022	
Carga Horária: 30 min			Instrutor: Pedro Henrique Teponi	
Nro	Nome	Faltas	Assinatura	Aprovetamento
1	Cristina Pimenta	-	<i>Cristina</i>	X
2	Jean Bodin	-	<i>Me</i>	X
3	José Luis Vargas	-	<i>José Vargas</i>	X
4	Luan Oliveira Nda	-	<i>Luan</i>	X
5	Rodrigo Vergani	-	<i>Rodrigo Vergani</i>	X
6	Vanderlei Andrihetti	-	<i>Vanderlei</i>	
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

APÊNDICE H – GESTÃO VISUAL μ 1, μ 2, μ 3 E IROG



APÊNDICE I – MÉDIA SEMANAL DOS ÍNDICES



APÊNDICE J – TEMPOS DE PARADAS DE MÁQUINAS POR SEMANA



SHOP FLOOR MANAGEMENT - ÍNDICES DO IROG E PRINCIPAIS PARADAS

Máquina: Dossan 3016L - nº 167

Período de 03/10/2022 à 07/10/2022

Tipo de Parada	Tempo Total
SETUP	08:54:11
AUX OPERADOR OUTRA MAQ.	02:17:01
AGUARDANDO MANUTENÇÃO	01:47:50
DESL.OC OUTRA MAQ.	01:06:39
MEDICAO NA QUALIDADE	01:05:54
BANHEIRO	01:00:54
TROCA FERR / INSERTO	01:00:24
FORA DE PRODUÇÃO	00:25:58
LIMPEZA	00:25:36
FALTA DE PEÇA	00:21:19
RECEBER FOLHA DE PAGAMENTO	00:16:07
ABASTECIMENTO OLEO DE CORTE	00:05:20

