

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

ELIAS RICARDO NASR

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DO *LEAN MANUFACTURING*
PARA A OBTENÇÃO DE MELHORIA NO INDICADOR *OVERALL
EQUIPMENT EFFECTIVENESS* (OEE) NO SETOR DE PINTURA DE
UMA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2021

ELIAS RICARDO NASR

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DO *LEAN MANUFACTURING*
PARA A OBTENÇÃO DE MELHORIA NO INDICADOR *OVERALL
EQUIPMENT EFFECTIVENESS* (OEE) NO SETOR DE PINTURA DE
UMA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**

***APPLICATION OF LEAN MANUFACTURING TOOLS TO OBTAIN
IMPROVEMENT IN THE OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS
(OEE) INDICATOR IN THE PAINT SECTOR OF AN AUTOMOTIVE
INDUSTRY.***

Trabalho de conclusão de curso de Graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) Campus Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre de Castro Alves

PONTA GROSSA

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



TERMO DE APROVAÇÃO

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DO *LEAN MANUFACTURING* PARA A
MELHORIA NO INDICADOR *OVERALL EQUIPAMENT EFFECTIVENESS* (OEE)
NO SETOR DE PINTURA DE UMA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**

por

ELIAS RICARDO NASR

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 18 de maio de 2021 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Alexandre de Castro Alves
Orientador

Prof. Dr. Davi Fusão
Membro Titular

Prof. Me. Jose Roberto Okida
Membro Titular

Prof. Dr. Marcos Eduardo Soares
Responsável pelos TCC

**Prof. Dr. Marcelo Vasconcelos de
Carvalho**
Coordenador do Curso

RESUMO

NASR, Elias Ricardo. **APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DO LEAN MANUFACTURING PARA A OBTENÇÃO DE MELHORIA NO INDICADOR OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) NO SETOR DE PINTURA DE UMA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA.** Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2021.

Para atender as exigências do mercado, as empresas estão cada vez mais buscando melhorias contínuas em seus processos e procedimentos. Alguns indicadores ajudam no desenvolvimento da empresa, onde contribuem para encontrar os problemas que prejudicam o desenvolvimento e até mesmo o cumprimento das tarefas. Um desses indicadores é o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) que trabalha simultaneamente com disponibilidade, desempenho e qualidade do que se produz. Dessa forma o OEE permite encontrar as principais falhas de determinado setor, de forma quantitativa, e assim permitir que se elabore a melhor estratégia de combater tais falhas. O objetivo deste trabalho foi analisar os dados fornecidos pelo indicador OEE após três meses de aplicação de melhorias de layout em um setor de pintura da Empresa do ramo automobilístico. Para isto foi utilizado o *Lean Manufacturing* utilizando ferramentas como Diagrama Ishikawa, estudo do Gráfico de Pareto e a ferramenta A3. Com a reorganização do layout obteve-se uma liberação da movimentação em função do espaço de movimentação de 23%. Houve uma melhoria de OEE na Máquina A de 0,79%, Máquina B de 11,47%, Máquina C de 9,31% e a Selagem de 8,35%. Sendo assim um aumento no indicador OEE médio do setor em 7,48%, passando a ter a OEE do setor de pintura em 77,5%.

Palavras-chave: Lean Manufacturing, Melhoria contínua, Gráfico de Pareto.

ABSTRACT

NASR, Elias Ricardo. **APPLICATION OF LEAN MANUFACTURING TOOLS TO OBTAIN IMPROVEMENT IN THE OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) INDICATOR IN THE PAINT SECTOR OF AN AUTOMOTIVE INDUSTRY.** Course Conclusion Paper (Mechanical Engineering) – Federal Technological University of Paraná. Ponta Grossa, 2021.

To meet market demands, companies are increasingly seeking continuous improvements in their processes and procedures. Some indicators help in the development of the company, where they contribute to find the problems that hinder the development and even the accomplishment of the tasks. One such indicator is the Overall Equipment Effectiveness (OEE) that works simultaneously with the availability, performance and quality of what is produced. In this way, the OEE allows us to find the main failures of a given sector, in a quantitative way, and thus to elaborate the best strategy to combat such failures. The objective of this work was to analyze the data provided by the OEE indicator after three months of applying layout improvements in a painting sector of the automotive company. For this, Lean Manufacturing was using tools such as Ishikawa Diagram, study of the Pareto Graph and the A3 tool. With the reorganization of the layout, a movement release was obtained due to the 23% movement space. There was an improvement in OEE in Machine A of 0.79%, Machine B of 11.47%, Machine C of 9.31% and Sealing of 8.35%. Thus, an increase in the sector's average OEE indicator by 7.48%, with the painting sector's OEE increasing to 77.5%.

Keywords: Lean Manufacturing, Continuous Improvement, Pareto Chart,

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxograma do sistema em linha no setor de pintura.....	18
Figura 2 - Diagrama de Causa e Efeito	30
Figura 3 - Tridimensionalidade do OEE	31
Figura 4 - A realidade do funcionamento de muitos equipamentos.....	32
Figura 5 - Relação entre as seis grandes perdas e os fatores do OEE.....	35
Figura 6 - Fatores de cálculo do OEE	36
Figura 7 - Método da ferramenta 5W2H.....	41
Figura 8 - Modelo de relatório A3.....	43
Figura 9 - Análise do setor de pintura e coleta de dados	47
Figura 10 - Layout do setor de pintura da empresa.....	48
Figura 11 - Pareto do setor de pintura da empresa.....	49
Figura 12 - Diagrama de Causa e Efeito	50
Figura 13 - Novo layout do setor de pintura da empresa	56
Gráfico 1 - Comparativo OEE Semana 34 x Semana 44	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de referência dos indicadores e OEE.....	38
Tabela 2 - Cálculo do OEE – Semana 34	53
Tabela 3 - Consolidado semana 34.....	55
Tabela 4 - Cálculo do OEE – Semana 44	57
Tabela 5 - Consolidado semana 44.....	58
Tabela 6 – Consolidado semana 34.....	60
Tabela 7 - Consolidado semana 44.....	61

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Fórmula da Disponibilidade.....	35
Equação 2 - Fórmula da Performance	36
Equação 3 - Fórmula da Qualidade.....	37
Equação 4 - Fórmula do OEE	36

LISTA DE ABREVIATURAS

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

TPM – *Total Productive Maintenance*

TPS – *Total Production System*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.2 – OBJETIVO GERAL.....	14
1.3 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.4 JUSTIFICATIVA	14
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	15
2 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	17
2.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	17
3 REFERENCIAL TEÓRICO	19
3.1 EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS PRODUTIVOS	19
3.2 METODOLOGIA <i>LEAN MANUFACTURING</i>	21
3.2.1 – PRINCÍPIOS <i>LEAN MANUFACTURING</i>	22
3.2.2 – OS SETE DESPERDÍCIOS <i>LEAN MANUFACTURING</i>	23
3.2.3 – VANTAGENS E DESVANTAGENS DO <i>LEAN MANUFACTURING</i>	25
3.2.4 – MELHORIA CONTÍNUA	26
3.2.4.1 – PRINCÍPIOS DA MELHORIA CONTÍNUA	27
3.3 – FERRAMENTAS PARA O <i>LEAN MANUFACTURING</i>	28
3.3.1 – DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....	28
3.3.2 - EFICIÊNCIA GLOBAL DOS EQUIPAMENTOS - <i>OEE – OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENES</i>	31
3.3.2.1 – AS SEIS GRANDES PERDAS DOS EQUIPAMENTOS.....	33
3.3.2.2 – ORIGENS E DEFINIÇÃO DO OEE	34
3.3.2.3 – CÁLCULO DO OEE.....	35
3.3.3 – DIAGRAMA DE PARETO.....	38
3.3.4 – FERRAMENTA 5W2H.....	40
3.3.5 – MODELO A3 DA TOYOTA.....	42
4 METODOLOGIA	45
5 ANÁLISE E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS	47
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

1 INTRODUÇÃO

Com as grandes mudanças que vem ocorrendo atualmente, as organizações industriais buscam meios de adaptação aos novos desafios apresentados pela globalização da produção. As crescentes transformações ocorridas neste setor ao longo dos anos levaram à internacionalização da produção, dos mercados e da informação, que resultaram em exigentes práticas gerenciais e novas formas de fabricação e organização das empresas.

Com o acirramento da competitividade no setor industrial e a crise do setor financeiro, as empresas começaram a buscar melhorias em seus sistemas produtivos. Nesta busca algumas empresas investem em novas práticas gerenciais, priorização de produção enxuta, flexibilidade nas linhas de produção, treinamentos de seus recursos humanos e conseqüentemente pesadas quantias em ferramentas (softwares) de controle e gestão, gerando expectativas de novas estratégias e novos padrões de produção.

As incertezas do mercado caminham paralelas às mudanças realizadas pelas empresas. Neste contexto surgem diversos fatores restritivos ao bom funcionamento desses sistemas e principalmente a não obtenção dos lucros esperados. O planejamento produtivo entra como ponto de partida visando atingir os objetivos da empresa. Esses planos ou planejamento recebem importante apoio de ferramentas de medição e controle da produtividade, por exemplo.

Segundo Tangen (2003), as medições que trazem indicadores dos problemas, são frequentemente usadas para melhoria de qualidade e produtividade dentro de um sistema de manufatura. Estas medições dão suporte para que os gestores possam tomar decisões corretas a respeito da produção e alocar os recursos em longo prazo de forma eficiente.

O *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) ou Eficiência Global do Equipamento trata-se de um indicador com crescente utilização por parte das organizações, pois permite atuar sobre falhas que ocorrem em manutenções e processos (SANTOS & SANTOS, 2007).

O OEE quando implementado de forma definitiva pode orientar processos de melhoria contínua, que permitirão buscar cada vez mais eficácia e competitividade

para as empresas. Porém, exige a participação de todos dentro da organização, desde a alta administração até o chão-de-fábrica (FOGLIATTO & RIBEIRO, 2010).

Com origem na Manutenção Produtiva Total (TPM) que foi criado no Japão, integra o chamado Sistema Toyota de Produção (TPS). O OEE tornou-se referência mundial em medição dos equipamentos industriais, principalmente os mais automatizados (KARDEC & NASCIF, 2009).

Dependendo de três fatores que compõe o cálculo (disponibilidade, desempenho e qualidade), o OEE permite a identificação de falhas em todas as áreas, possibilitando sempre a melhoria do processo.

1.2 – OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste projeto foi, utilizando as ferramentas do *Lean Manufacturing*, analisar os dados fornecidos pelo indicador OEE após o período de três meses de aplicação de melhorias de *layout* em um setor de pintura da Empresa do ramo automobilístico.

1.3 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar visual do setor de pintura da empresa;
- Utilizar a ferramenta de Pareto para identificar a origem do problema;
- Elaborar e realizar mudanças após dados encontrados pelas ferramentas de Pareto;
- Utilizar a ferramenta visual A3 através dos dados encontrados no Pareto;
- Analisar indicador OEE entre o período da semana 34 à semana 44 do ano.

1.4 JUSTIFICATIVA

Os estudos relacionados ao OEE têm a finalidade de contribuir para que a empresa possa se tornar mais competitiva no mercado, sendo que muitas delas não conseguem aumentar sua competitividade e desenvolvimento, por não conhecer as falhas que causam queda no rendimento.

Dado o contexto apresentado, a questão de pesquisa que motivou este artigo foi: verificar quanto aplicar a *Lean Manufacturing* no setor de pintura de uma indústria do ramo automobilístico irá revelar-se realmente eficaz. Analisar quanto a aplicação das melhorias, a organização terá maior efetividade em seus processos e conseqüentemente redução de custos e desperdícios.

Verificar na empresa estudada a possibilidade, através do cálculo do OEE, de conhecer os fatores que prejudicam seu nível de eficiência global e assim atuar sobre tais.

Com a aplicação das melhorias o OEE apresentará um desempenho melhor. Com isso, a organização terá maior efetividade em seus processos e conseqüentemente redução de custos e desperdícios.

Desta forma o trabalho se justifica uma vez que aborda um tema de grande relevância, onde a eliminação das falhas encontradas através do OEE acarreta aumento de resultados de produtividade da empresa.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

De forma a obter melhor resultado através dos conceitos estudados e conhecimentos adquiridos, o trabalho foi dividido em oito partes a seguir.

No Capítulo 1 tratam-se da introdução do trabalho, a qual compreende a apresentação do tema, o objetivo geral, objetivos específicos, a justificativa e estrutura.

No Capítulo 2 compreende uma breve apresentação da empresa onde foi realizado o estudo de caso.

No Capítulo 3 foi abordada a fundamentação teórica, levando em consideração as literaturas já existentes sobre *Lean Manufacturing* e suas ferramentas de aplicação.

No Capítulo 4, expõe-se a metodologia de pesquisa utilizada, explanando sobre o indicador OEE, seus componentes e métodos de cálculo.

No Capítulo 5 a metodologia aplicada através da coleta de dados onde são demonstrados os passos da utilização e implantação de melhorias através do uso de algumas ferramentas de qualidade, mostrando que o emprego de técnicas e

metodologias de solução de problemas foi fundamental para atuar nas causas geradoras das perdas de eficiência no setor de pintura da empresa. Tem-se os resultados gerados durante a execução prática da metodologia adotada.

No Capítulo 6 encontra-se a conclusão do trabalho.

No Capítulo 7 expõem-se as propostas de melhoria futura

Ainda, após o capítulo final, ocorre a descrição de todas as referências bibliográficas, que serviram de apoio à estruturação deste trabalho.

2 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A caracterização da Empresa foi feita de modo a entender o seu funcionamento, os produtos por ela comercializados assim como entender o seu processo de negócio.

Este trabalho trata apenas como a “Empresa” a organização estudada devido a motivos de confidencialidade, portanto, nome e informações que possam identificá-la não serão divulgados.

2.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

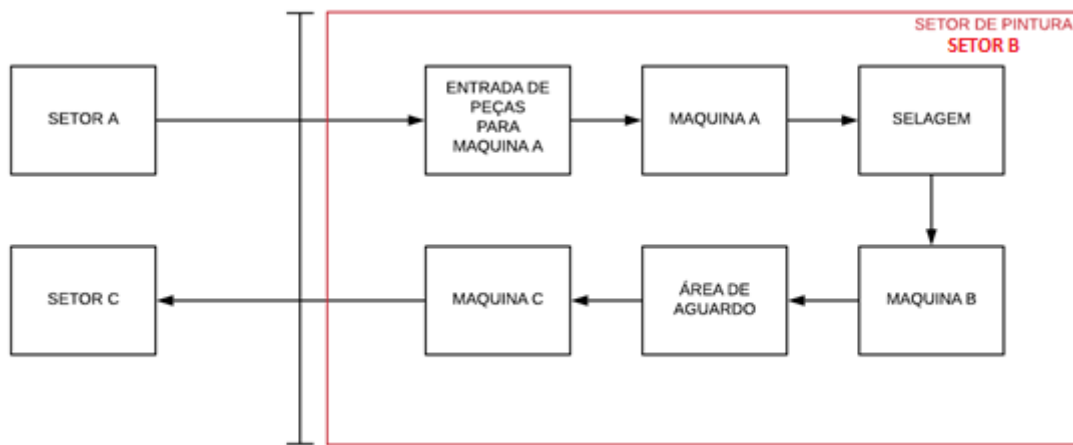
Trata-se de uma multinacional de grande porte que fabrica componentes automotivos.

Nos últimos quarenta anos, a Empresa evoluiu de uma divisão de uma empresa de rolamentos de alta precisão para uma empresa independente e de capital fechado com operações em todo o mundo. O foco está na melhoria contínua de produtos, processos e funcionários para o benefício de todas as partes.

Com uma visão globalizada, assim como todas as empresas que buscam a manutenção e o aumento da produtividade, a Empresa, investe em pesquisas e implementação de ferramentas de qualidades com a finalidade de analisar e solucionar problemas que interferem no bom desempenho dos processos de trabalho.

O setor de pintura da Empresa conta com quatro maquinários para sua operação: Máquina A, Selagem, Máquina B e Máquina C. Também consiste em três setores de movimentação de paletes e produtos: Entrada de Peças para Máquina A, Área de Paletes e Área de Aguardo. A figura 1 com o fluxograma representando o fluxo do sistema em linha do setor de pintura.

Figura 1 - Fluxograma do sistema em linha no setor de pintura



Fonte: O Autor (2019)

No setor de pintura da Empresa trabalham seis funcionários, dentre eles, cinco operam os maquinários e há um funcionário responsável pela logística do setor. Devido à confidencialidade do processo, não foi relatado como são executados, sendo também uma informação não pertinente para este trabalho já que o estudo foi realizado em função do setor e não da operação do mesmo.

O presente estudo teve como objetivo analisar e implementar melhorias no setor de pintura da Empresa, onde principalmente devido a falhas do *layout*, tem ocasionado queda na produtividade e perdas no processo. Com a aplicação da metodologia *Lean* e do indicador OEE espera-se melhorar seu desempenho, minimizando as perdas ocorridas no processo.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo do trabalho tem por finalidade explicar os conceitos teóricos de diferentes autores acerca do tema, que servem de suporte para o desenvolvimento do estudo.

3.1 EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS PRODUTIVOS

Até o final do século XIX, a produção de bens de consumo era artesanal e utilizava mão-de-obra altamente qualificada para fazer exatamente o que o consumidor desejava, sendo processado um item de cada vez. Cada pedaço era criado por um artesão individual e de maneira independente, utilizando, dessa forma, seus próprios padrões de medida. O resultado disso era que o consumidor tinha exatamente o que ele almejava, mas com um custo que normalmente era alto. No início do século XX, surgiram teorias com a finalidade de racionalizar a administração das indústrias, que antes era realizada de maneira não sistematizada pela produção artesanal. Uma das mais importantes teorias surgidas nessa época foi a Administração Científica. Segundo Chiavenato (2000), a abordagem básica dessa escola refere-se com ênfase na tarefa e teve seu início com o engenheiro americano Frederick Taylor, onde a sua preocupação original foi a redução do fantasma do desperdício e das perdas sofridas pelas indústrias, elevando, assim, os níveis de produtividade. Sua obra ficou conhecida como Taylorismo e fundamentou-se no estudo de tempos e movimentos, divisão do trabalho, desenho de cargos e tarefas, padronização de métodos e máquinas, incentivos salariais e prêmios de produção, entre outros.

Segundo Chiavenato (2000), Henry Ford promoveu, ainda na escola da Administração Científica, a grande inovação do século XX: a produção em massa. Ford inovou na organização do trabalho: a produção de maior número de produtos acabados com a maior garantia de qualidade e menor custo possível. Ele utilizou um sistema de concentração vertical¹, produzindo desde a matéria-prima inicial ao

¹ Concentração vertical: é a fusão ou incorporação de funções em diferentes estágios da cadeia produtiva.

produto final acabado, além da concentração horizontal² através da cadeia de distribuição comercial por meio de agências próprias. Esse sistema utilizava uma mão-de-obra altamente especializada e as máquinas produziam produtos padronizados em um volume muito alto. Um dos pontos-chaves da produção em massa era a consistente intercambialidade das peças na linha de montagem e sua facilidade de ajuste, cuja idealização alterou as noções mais fundamentais de como produzir bens. Enquanto Taylor, Ford e outros engenheiros desenvolviam a Administração Científica, surgia na França a Teoria Clássica da Administração que se caracterizava pela ênfase na estrutura que a organização deveria possuir para ser eficiente. Henry Fayol foi o fundador dessa teoria que analisava o sistema a partir de uma abordagem sintética, global e universal da empresa.

Alguns de seus principais conceitos eram: a unidade de comando, onde cada empregado recebia ordens de apenas um superior e a centralização, onde a concentração de autoridade ocorria no topo da hierarquia.

Logo após esse período, surge a Abordagem Humanística, onde a ênfase era nas pessoas que trabalhavam ou que participavam das organizações. Essa abordagem fez com que as preocupações com a máquina, com o método de trabalho e com a organização formal cedessem prioridade para as preocupações com as pessoas e os grupos sociais - dos aspectos técnicos e formais para os aspectos psicológicos e informais. A partir dessa teoria foi criado o modelo Sociotécnico que conforme Chiavenato (2000), a organização era um sistema aberto em interação constante com o seu ambiente formado por dois subsistemas: técnico e social. Dessa forma, esse sistema unia a parte tecnológica à parte humana.

A partir de todas essas teorias abordadas acima, Eiji Toyoda e Onho iniciaram o conceito de manufatura enxuta que teve a sua origem na década de 50, no Japão. Eles perceberam que a simples imitação do sistema americano de produção em massa poderia ser perigosa em função das dimensões territoriais e do mercado consumidor que exigia uma vasta variedade de produtos. Assim, surgiu um novo modelo de sistema de produção conhecido como Sistema de Produção Enxuta ou Sistema Toyota de Produção (*Lean Manufacturing*).

² Concentração horizontal: é a fusão ou incorporação de agentes econômicos competidores entre si, que ofertam o mesmo produto ou serviço em um determinado mercado relevante.

3.2 METODOLOGIA *LEAN MANUFACTURING*

O termo *Lean Manufacturing* foi inserido no livro “*The Machine that changed the world*” (Womack, Jones & Roos (1990)), tornando-se paradigma produtivo conhecido pela procura da melhoria contínua do processo produtivo através da eliminação de desperdício (atividades que não acrescentam valor ao produto) contribuindo para a sustentabilidade da empresa (produzir mais com menos).

Lean Manufacturing, traduzível como manufatura enxuta, e também chamado de Sistema Toyota de Produção, trata-se de uma filosofia de gerenciamento que procura otimizar a organização de forma a atender às necessidades do cliente no menor prazo possível, na mais alta qualidade e ao mais baixo custo, ao mesmo tempo em que aumenta a segurança e a moral de seus colaboradores, envolvendo e integrando não só manufatura, mas todas as partes da organização. Em outras palavras, a Produção Enxuta visa à eliminação progressiva do desperdício, pelo fluxo contínuo com que os processos produtivos ocorrem, pela produção segundo a demanda do cliente, no tempo e na qualidade por estes estabelecidos e, por fim, pela relação próxima e de parceria com fornecedores.

Tem como principal objetivo alinhar a melhor sequência possível de trabalho a fim de agregar valor de forma eficaz aos produtos solicitados pelo cliente. Segundo Toledo (2002), o pensamento enxuto pode ser entendido como a forma de produzir cada vez mais com cada vez menos recursos e, ao mesmo tempo, aproximar-se dos clientes e oferecer aquilo que eles realmente almejam, tornando o trabalho mais satisfatório e oferecendo retorno imediato sobre os esforços da transformação do desperdício em valor.

Os pontos-chave do *lean manufacturing* são:

- **Qualidade total imediata** – ir à busca do “zero defeito”, e detecção e solução dos problemas em sua origem.
- **Minimização do desperdício** – eliminação de todas as atividades que não têm valor agregado e redes de segurança, otimização do uso dos recursos escassos (capital, pessoas e espaço).

- **Melhoria contínua** – redução de custos, melhoria da qualidade, aumento da produtividade e compartilhamento da informação.
- **Processos “pull”** – os produtos são retirados pelo cliente final, e não empurrados para o fim da cadeia de produção.
- **Flexibilidade** – produzir rapidamente diferentes lotes de grande variedade de produtos, sem comprometer a eficiência devido a volumes menores de produção.

Lean refere-se basicamente a tudo o que concerne à obtenção de materiais corretos, no local correto, na quantidade correta, minimizando o desperdício, sendo flexível e aberto a mudanças.

3.2.1 – PRINCÍPIOS *LEAN MANUFACTURING*

O Sistema de Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*) tem como foco principal a diminuição do *lead time* (tempo que leva para uma peça percorrer todo o caminho no chão de fábrica), sendo necessária a eliminação de todo o tipo de desperdício existente nos processos, através da maximização da produtividade e efetividade dos processos já existentes. Conforme Jones e Womack (1998), a manufatura enxuta tem como seu principal objetivo, alinhar a melhor sequência possível de trabalho a fim de agregar valor de forma eficaz aos produtos solicitados pelo cliente, oferecendo exatamente o que ele deseja e transformando, na melhor maneira possível, desperdício em valor.

Existem alguns princípios que devem ser seguidos pelas organizações para que a manufatura enxuta funcione por completo:

- **Valor:** Segundo Jones e Womack (1998), o ponto de partida para o pensamento enxuto define-se pelo valor. O valor só pode ser definido pelo cliente em termos de produto específico (um bem ou um serviço ou ambos

simultaneamente) que atenda às necessidades do cliente a um preço específico em um momento específico.

- **Cadeia de Valor:** Segundo Shingo (1996), a cadeia de valor permite identificar todas as atividades que adicionam valor para o cliente. As atividades de suporte não são representadas, só as tarefas que acrescentam valor. Tudo que for desperdício deve ser eliminado, restando somente a cadeia de valor.
- **Fluxo:** Segundo Shingo (1996), o uso da equalização da produção, da sincronização e fluxo de peças unitárias para acabar com as esperas Inter processos representa um avanço formidável. Assim, esse princípio relata a importância do fluxo contínuo, onde as etapas de produção estão organizadas em uma determinada sequência, de maneira que o produto passe para as etapas seguintes sem estoques intermediários ou itens semiacabados.
- **Produção Puxada:** Conforme Jones e Womack (1998), uma produção puxada em termos simples, significa que um processo inicial não deve produzir um bem ou serviço sem que o cliente de um processo posterior o solicite. Dessa forma, a empresa deve puxar o pedido através do cliente ao invés de produzir conforme a sua capacidade (empurrar o pedido).
- **Melhoria Contínua:** Segundo Jones e Womack (1998), o princípio da melhoria continua refere-se à procura incessante do processo produtivo perfeito, livre de defeitos, por meio da eliminação do que não gera valor e conseqüentemente, a melhoria dos outros princípios.

3.2.2 – OS SETE DESPERDÍCIOS *LEAN MANUFACTURING*

Segundo Ohno (1988), desperdício representa todas as atividades que num determinado sistema de produção não acrescenta valor ao produto, mas consome num determinado momento recursos materiais, humanos ou financeiros.

Ohno (1988) identificou sete tipos de desperdícios:

- **Sobre-processamento:** são operações realizadas no processo produtivo, desnecessárias para o processamento do produto e sem acréscimo de valor ao produto final. Poderá ser entendido como algo realizado de maneira errada, com o uso de ferramentas e equipamentos de forma incorreta, devido à falta de formação do operador ou má especialização das instruções de trabalho, podendo o processo ser elaborado de modo mais simples e eficaz.
- **Movimentação:** movimentos desnecessários de pessoas, correspondendo a um mau fluxo de trabalho, a um local de trabalho mal organizado e a falta de um método de trabalho.
- **Estoque:** todo o excesso de material (matérias-primas, produto acabado ou *work-in-process*). Este excesso resulta em elevados custos de inventário e na ocupação de espaço.
- **Superprodução:** produção de quantidades superiores às que são necessárias, levando a níveis excessivos de estoque.
- **Esperas:** todo o período de inatividade de um operador ou equipamento, podendo esta espera resultar da falta de material, avaria no equipamento ou longos tempos de *setup*.
- **Defeitos:** são problemas de qualidade. O produto não se encontra dentro das especificações necessárias para satisfazer o cliente.
- **Transporte:** deslocações excessivas de materiais e informação, gerando custos de capital, tempo e energia.

O *Lean Manufacturing* procura a melhoria do sistema produtivo procurando identificar e eliminar os desperdícios referidos.

3.2.3 – VANTAGENS E DESVANTAGENS DO *LEAN MANUFACTURING*

Existem casos de sucesso da implementação *Lean Manufacturing* em diversos tipos de setores (Automóvel, Alimentar, Têxtil, Química, etc.) em que o resultado final transparece um ambiente fabril mais limpo, organizado, com poupança de dinheiro e tempos ao eliminar atividades que não acrescentavam valor ao produto. Mas nos vários setores existem diferenças do processo produtivo, organizacional e de mentalidade, em que por vezes o grau de dificuldade da implementação da filosofia torna-se mais elevado.

Segundo Hayes (2000), as iniciativas organizacionais para a implementação do *Lean Manufacturing*, devem ser devidamente planejadas antes da sua implementação. Antony *et al.* (2003) afirmam que o envolvimento e o comprometimento da gestão são os pré-requisitos para uma iniciativa de melhoria de produtividade e qualidade.

O fator crítico de sucesso na implementação *Lean Manufacturing* são as pessoas.

As vantagens do ponto de vista industrial são: a redução dos investimentos para uma produção igual, aumento da produção ecológica, fábricas mais compactas e melhoria da qualidade.

Como qualquer sistema de gestão existe desvantagens. As dificuldades de implementação do *Lean Manufacturing* são os problemas de aprovisionamento com os fornecedores devido à produção otimizada (atrasos de transporte e erros de qualidade), o custo de implementação de algumas propostas de melhoria (mudar *layouts*, formações de operadores, compra de máquinas), a falta de aceitação por parte dos operadores (resistentes a novos métodos, controle de qualidade executado pelo operador) e os problemas com a insatisfação dos clientes (falhas nas entregas dos fornecedores que obrigam o atraso da data de entrega ao cliente).

O *Lean Manufacturing* trata-se de uma ferramenta eficaz na eliminação de desperdícios, dado que dispõe de várias ferramentas na procura de respostas e que permitem fundamentar soluções para um problema.

O entrave que esta filosofia enfrenta implica no clima de mudança que impõe, visto que existem pessoas reticentes a uma melhoria porque exigirá maior exigência ou mudança da rotina de trabalho.

3.2.4 – MELHORIA CONTÍNUA

As simples aplicações das técnicas desenvolvidas pelo Sistema Toyota de Produção (TPS), por si só, não produzem os resultados pretendidos. A utilização do conceito de Melhoria Contínua deve ser utilizada como forma de alcançar os objetivos do TPS. A utilização deste conceito deve ser encarada como um princípio e não como um fim em si mesmo.

A Melhoria Contínua trata-se de uma prática que as empresas adotam quando buscam ininterruptamente aperfeiçoar seus produtos, serviços e processos. Ela consiste na análise detalhada dos processos internos procurando quais atividades podem ser melhoradas, desse modo, busca encontrar onde estão as ineficiências, gargalos, atrasos e desperdícios para serem cortados.

Essa prática não se destina apenas a grandes corporações, ela pode ser aplicada em qualquer tamanho de empresa, segmento de mercado e independentemente do que se venda. Hoje, traz uma vantagem competitiva importante, mas, nos próximos anos, será uma obrigação que toda empresa adote uma metodologia de melhoria contínua.

Os benefícios financeiros e a economia de tempo estão nos custos evitados e sem perder qualidade do produto ou serviço oferecido ao cliente.

Mais do que uma prática ou metodologia, a Melhoria Contínua precisa ser parte da cultura empresarial, do dia a dia dos colaboradores, uma vez que envolve toda a empresa. Qualquer pessoa pode e deve sugerir mudanças. E, como o próprio nome diz, contínuo, assim, não pode ser visto como um projeto, com começo, meio e fim, mas um processo cíclico.

3.2.4.1 – PRINCÍPIOS DA MELHORIA CONTÍNUA

A prática da Melhoria Contínua possui quatro princípios básicos:

1- Foco: O que você quer melhorar?

Como todo início de planejamento, deve-se definir um objetivo, um foco do que será melhorado.

Quando se pensa em melhorar algo, podemos atuar nos processos principais, aqueles ligados diretamente ao seu produto ou serviço, ou nos processos secundários, aqueles não ligados tão diretamente, mas que trazem valor no final.

2 - Métricas: Como saber que você está melhorando?

Para saber se você está indo no caminho certo e, de fato, melhorando, deve-se ter métricas para medir sua evolução. Do contrário, você pode mudar, mas não diminuir custos e nem agregar valor para o consumidor final.

Primeiro, deve-se determinar métricas que definem o que é qualidade, como a empresa encontra-se hoje baseada nelas e aonde quer chegar.

3 - Padronização

Ao padronizar o processo, ou seja, que todos os envolvidos façam suas atividades de maneira sempre igual fica fácil identificar os gargalos e os pontos de melhoria.

4 – Técnicas de Melhoria Contínua

Para alcançar a métrica estabelecida, deve-se adotar ao menos uma técnica de melhoria contínua. Entre os principais métodos, sistemas e ferramentas da qualidade que podem ser aplicados no dia a dia de uma empresa estão as ferramentas do *Lean Manufacturing*.

3.3 – FERRAMENTAS PARA O *LEAN MANUFACTURING*

A padronização de processos e a operação de um fluxo contínuo de produção movido pelo próprio cliente são a base de funcionamento do *Lean*.

Porém, para conquistar este fluxo constante faz-se essencial o emprego de práticas e ferramentas que resultem em um processo mais flexível e independente através da eliminação constante de desperdícios.

3.3.1 – DIAGRAMA DE ISHIKAWA

Também conhecido como “Diagrama de Causa e Efeito”, “Diagrama Espinha de Peixe”, ou “Diagrama 6M”, trata-se de uma ferramenta gráfica utilizada pela administração para o gerenciamento e o controle da qualidade em processos diversos. Foi originalmente proposto pelo engenheiro químico Kaoru Ishikawa em 1943, visando identificar, explorar e ressaltar todas as causas possíveis de um problema ou questão específica (VERGUEIRO,2002).

Utiliza-se este diagrama quando é preciso identificar as causas de um problema, pois permite a partir de grandes grupos (temas) que se façam desdobramentos até que se chegue a níveis de solução adequados ao problema.

Para facilitar, o próprio Diagrama de Ishikawa possui um direcionamento para determinação das causas. Elas são divididas em seis categorias, que são conhecidas como os 6 Ms:

- **Método:** método utilizado para conceber o produto ou serviço;
- **Matéria-prima:** materiais que compõe o produto e que podem ser a causa do problema;
- **Máquinas:** os equipamentos que são utilizados na sua fabricação, principalmente os que podem ser os causadores do problema;
- **Mão de obra:** são as pessoas que fazem parte do processo;
- **Meio ambiente:** eles são os possíveis efeitos gerados pelo meio ambiente, por exemplo, chuvas e sujeira excessiva;

- **Medida:** decisões que foram tomadas em relação ao produto ou serviço durante a sua fabricação.

Os 6 Ms são mais utilizados na área de controle de qualidade. Portanto, em outros contextos, os parâmetros podem ser diferentes.

Na gestão de pessoas, por exemplo, eles são conhecidos como 4 Ps:

- **Políticas:** são as normas e políticas utilizadas pela organização para gerenciar a produção e as pessoas;
- **Procedimentos:** são determinados os procedimentos para o concebimento do produto ou serviço, principalmente os que podem causar o efeito;
- **Pessoas:** todos os envolvidos na cadeia produtiva;
- **Planta:** refere-se ao layout de produção, comercialização e gerência de um produto. Devem-se adicionar os problemas que essa estrutura tem e as suas influências.

Segundo Filho (2004), o Diagrama de Ishikawa trata-se de uma análise das possíveis causas de um problema, por fazer uma análise das causas prováveis, também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito.

As etapas para realização das análises das prováveis causas seguindo o Diagrama de Ishikawa iniciam-se com a escolha de um problema que será analisado, este problema deve ser acompanhado de uma breve descrição, bem como o local e a periodicidade em que ocorrem.

A etapa seguinte consiste em elencar o maior número possível de causas que provavelmente possam a vir gerar o problema, esta etapa deve ser concluída com a eleição da principal causa. Na etapa seguinte deve-se promover um “*brainstorming*” com os participantes da reunião, afim de que o problema possa ser amplamente discutido.

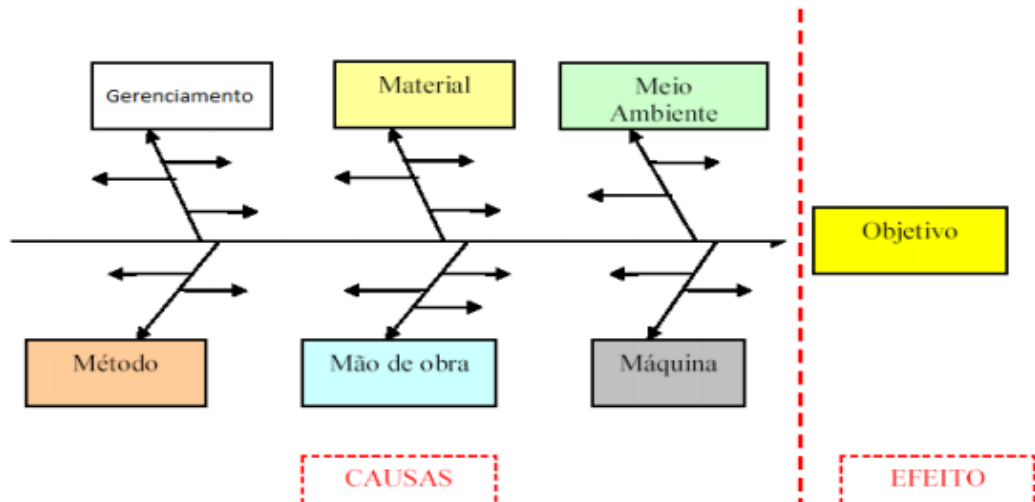
Para a construção do Diagrama de Ishikawa, segundo Filho (2004), alguns passos devem ser seguidos, são eles:

- Deve-se estabelecer o efeito, a característica, segundo a qualidade;

- Encontrar o maior número de possíveis causas que afetam a qualidade;
- Definir a relação entre as causas e ligar essas causas com o efeito da qualidade;
- Estipular um grau de importância para cada causa e assinalar as causas com o grau maior de importância;
- Fazer o registro de todas as informações necessárias.

Apresenta-se um esquema de Diagrama de Ishikawa (Figura 2).

Figura 2 - Diagrama de Causa e Efeito



Fonte: Ishikawa (1993)

O número de diagramas deve sempre acompanhar o número de problemas. Após o fluxo de ideias terem cessado e, toda a ideia compreendida, deve-se identificar as causas mais prováveis e marcá-las no diagrama. Para estas causas, deve-se desenvolver e implantar soluções, como afirma Filho (2004).

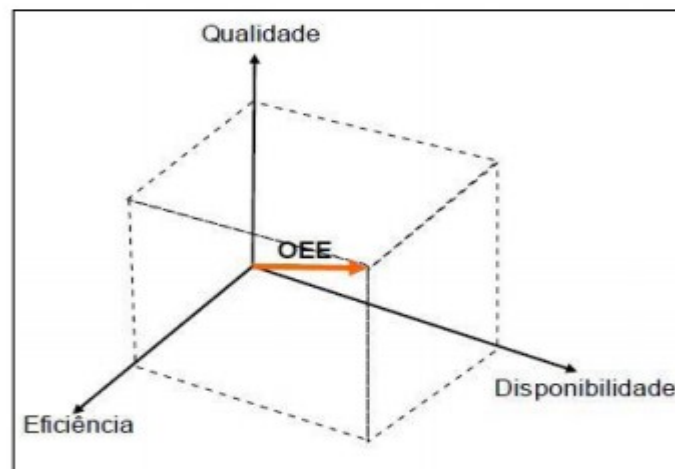
A última etapa deste processo refere-se ao acompanhamento das ações, se possível, quantificá-las, pois desta forma podemos mensurar se o problema foi solucionado ou não. Caso a solução encontrada não solucione o problema, o Diagrama de Ishikawa deve ser refeito até que todos concordem que o problema foi solucionado.

3.3.2 - EFICIÊNCIA GLOBAL DOS EQUIPAMENTOS - OEE – OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENES

O *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) trata-se de um indicador que mede o desempenho de uma forma tridimensional (Figura 3), pois leva em consideração:

- Quanto tempo útil o equipamento tem para funcionar/produzir;
- A eficiência demonstrada durante o funcionamento, isto é, a capacidade de produzir à cadência nominal;
- A qualidade do produto obtida pelo processo em que o equipamento está inserido.

Figura 3 - Tridimensionalidade do OEE



Fonte: Silva, 2009

Outros indicadores de desempenho dos equipamentos não têm a abrangência do OEE, por exemplo, quando se focam apenas na eficiência ou no tempo disponível para produzir.

Observe na figura 4, o que acontece diariamente numa grande parte dos equipamentos nas unidades industriais:

Figura 4 - A realidade do funcionamento de muitos equipamentos.



Fonte: Silva, 2009

Uma significativa parte do tempo em que o equipamento deveria estar a funcionar, efetivamente está parado ou a funcionar em condições que não permitem produzir à cadência ideal.

O impacto negativo na produtividade e nos custos torna-se enorme e, frequentemente, reflete-se na origem da falta de cumprimento dos prazos de entrega ao cliente ou nas roturas de estoque nos armazéns.

Infelizmente, os clássicos mecanismos contabilísticos de controle de custos não refletem a realidade das fábricas. Se o fizessem, certamente a vida dos responsáveis das operações seria muito mais complicada, pois mostraria a “Fábrica Escondida” que existe em todas as unidades fabris, chamando-lhes a atenção para o “Verdadeiro Custo das Paragens” e das perdas em geral.

A grande parte das perdas tem origem nos chamados “Sete Tipos de Desperdícios” definidos por Taiichi Ohno (1997):

- Tempos de espera
- Transportes desnecessários
- Produção em excesso
- Estoque de materiais
- Sobre-processamento
- Movimentos desnecessários das pessoas
- Defeitos de qualidade

Focando-se nos equipamentos produtivos, Nakajima (1989) definiu de um modo mais objetivo, as principais perdas originadas pelos próprios equipamentos ou pelo modo como são operados, tendo as chamadas “Seis Grandes Perdas dos Equipamentos”.

3.3.2.1 – AS SEIS GRANDES PERDAS DOS EQUIPAMENTOS

Nakajima (1989) definiu que as perdas de produção devidas a problemas relacionados com equipamentos têm três origens:

- Perdas causadas pelas paragens não planejadas;
- Perdas resultantes por o equipamento não funcionar à velocidade/ cadência nominal;
- Perdas de produtos que não cumprem as especificações.

A partir destas três origens de perdas, Nakajima (1989) definiu as seis grandes perdas dos equipamentos produtivos:

- Falha/avaria do equipamento;
- Mudança (*changeover*), ajustes/afinações (*setup*) e outras paragens;
- Esperas, pequenas paragens devidas a outras etapas do processo e trabalho em vazio;
- Redução de velocidade/cadência relativamente ao originalmente planejado;
- Defeitos de qualidade do produto e retrabalho;
- Perdas no arranque e mudança de produto (produto não conforme e desperdícios de materiais).

Neste conceito das Seis Grandes Perdas dos Equipamentos, não são consideradas as paragens planejadas dos equipamentos, tais como:

- Tempo para refeição do operador e pausas obrigatórias;
- Tempo programado para manutenção autônoma pelo operador;

- Tempo programado para manutenção planejada (preventiva, inspeções, corretiva);
- Tempo para formação do operador;
- Tempo para reuniões (desde que previstas no plano de produção);
- Testes de produção (Ex: Ensaios de produtos);
- Ausência de programa de produção.

3.3.2.2 – ORIGENS E DEFINIÇÃO DO OEE

O OEE teve origem na TPM – *Total Productive Maintenance*, parte integrante do TPS – *Toyota Production System* e o seu criador, Seiichi Nakajima, desenvolveu-o como meio de quantificar não apenas o desempenho dos equipamentos, mas também como métrica contínua dos equipamentos e processos produtivos.

Com a adoção dos conceitos do TPS por inúmeras empresas japonesas e com o desenvolvimento do *Lean Manufacturing* no ocidente, o OEE tornou-se referencial mundial para medição do desempenho dos equipamentos das empresas industriais.

Como já referimos, o OEE trata-se de um indicador tridimensional que reflete as principais perdas relacionadas com o equipamento. Quantifica quanto eficaz é o equipamento na agregação de valor ao produto obtido num processo produtivo.

Do mesmo modo que as perdas de produção relacionadas com os equipamentos têm três origens, o OEE compõe-se por três fatores representativos dessas três origens:

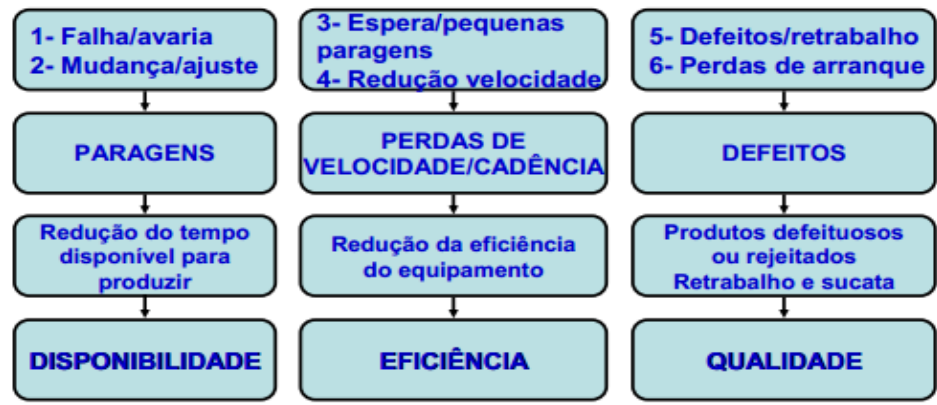
- Disponibilidade
- Eficiência
- Qualidade

Um modo simples de apresentar o conceito do OEE segundo Nakajima (1989) faz-se através da definição da “Máquina Perfeita” e exemplificada da seguinte forma:

“Se durante um determinado período de tempo não existirem perdas de nenhum tipo, isto é, o equipamento esteve sempre apto a produzir quando necessário e produziu sempre produtos sem defeitos à primeira e à velocidade máxima definida, então diz-se que operou com 100% de eficácia global.”

A figura 5 demonstra a relação dos fatores para o cálculo do OEE e as seis grandes perdas apresentadas anteriormente.

Figura 5 - Relação entre as seis grandes perdas e os fatores do OEE



Fonte: Silva (2009)

Além de ser um indicador de desempenho, o OEE tem utilidade para quatro finalidades adicionais:

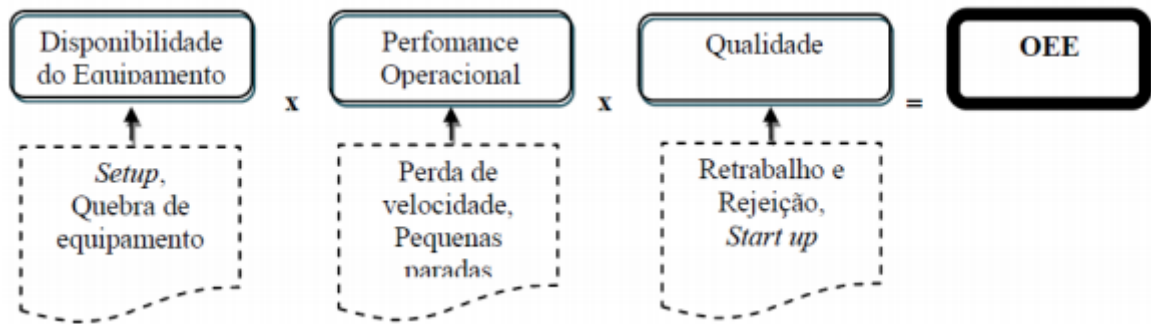
- Planejamento da capacidade;
- Controle do processo;
- Melhoria do processo;
- Cálculo dos custos das perdas de produção.

3.3.2.3 – CÁLCULO DO OEE

Obtém-se o OEE pela multiplicação de três fatores numéricos representativos:

- **Disponibilidade** do equipamento para produzir;
- **Eficiência** demonstrada durante a produção;
- **Qualidade** do produto obtido.

Figura 6 - Fatores de cálculo do OEE



Fonte: Produzido pelo autor (2019)

Disponibilidade (D): relaciona o tempo total disponível para produção com o tempo efetivo de produção do equipamento. O tempo efetivo de produção tem em conta as perdas por paragem devido à avaria e tempos de setup (Equação 1).

Equação 1 - Fórmula da Disponibilidade

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo disponível} - \text{Tempo de paragem}}{\text{Tempo Disponível}}$$

Quanto maior o tempo produzindo, maior a disponibilidade.

E quanto menor a disponibilidade, maior o tempo que o equipamento ficou parado.

Performance (P): relaciona a quantidade produzida com a quantidade que o equipamento deveria ter produzido. São contabilizadas as perdas por produção lenta e por micro paragens (Equação 2).

Equação 2 - Fórmula da Performance

$$\text{Performance} = \frac{\text{Tempo de ciclo ideal} * \text{Unidades produzidas}}{\text{Tempo de Operação}}$$

A *performance* nos diz quão bem o equipamento produziu, enquanto estava produzindo. Está relacionado com a velocidade de operação do equipamento.

A *performance* compara a quantidade produzida com a quantidade teórica que poderia ter sido produzida enquanto o equipamento estava produzindo, independente da qualidade do que foi produzido.

Qualidade(Q): o índice de qualidade relaciona o número de unidades produzidas com aquelas que cumprem os *standards* de normalização. As perdas contabilizadas são as perdas por defeito e retrabalho e as perdas de arranque do equipamento (Equação 3).

Equação 3 - Fórmula da Qualidade

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Unidades produzidas} - \text{Unidades defeituosas}}{\text{Unidades produzidas}}$$

Assim, calcula-se o OEE pela equação 4:

Equação 4 - Fórmula do OEE

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} * \text{Performance} * \text{Qualidade}$$

Após estes fatores estarem devidamente mensurados, faz-se necessária a análise dos mesmos e comparar com os valores antes da implementação.

De acordo com Nakajima(1989), o valor ideal do OEE deve ser igual ou superior a 85%. Contudo, os resultados podem ser divididos em quatro grandes grupos:

- **< 65%**- mostra uma empresa pouco competitiva, sugerindo perdas monetárias significativas e por esse motivo devem ser tomadas medidas urgentemente;
- **65%-75%** - estes valores, se acompanhados de uma tendência crescente em que as perdas estejam a ser colmatadas, podem ser aceitos, o que mostra que a eficiência está sendo controlada;
- **75%-85%** - valores que sugerem que o desempenho está devidamente controlado sendo o objetivo atingir os valores mundiais de referência;

- **85%** - Valores mundiais de referência que qualquer organização deve estar disposta a atingir. Neste patamar as perdas são residuais mostrando um desempenho otimizado.

Convém referir que esta metodologia mostra-se extremamente exigente do ponto de vista da otimização, pois caso os três indicadores apresentem valores na ordem dos 90% o desempenho global fica aquém, estando apenas na ordem dos 73%.

Foram ainda instituídas algumas metas para os indicadores, mostradas na tabela 1, de modo a alcançar o valor ideal, são elas:

Tabela 1 - Valores de referência dos indicadores e OEE

Indicador	Valor de referência
Disponibilidade	90%
Performance	95%
Qualidade	99.9%
OEE	85%

Fonte: Nakajima, 1989

Multiplicando-se esses indicadores, chega-se a um OEE de 85%, considerado como sendo de classe mundial. Assim, um equipamento que consegue igualar ou superar cada um dos indicadores individualmente, pode ser considerado como sendo um equipamento que possui um desempenho de classe mundial.

Não basta ter OEE de 85% para ser considerado de classe mundial, faz-se necessário que Disponibilidade, *Performance* e Qualidade alcancem ou superem os valores de referência.

3.3.3 – DIAGRAMA DE PARETO

Por volta dos anos 1897, Vilfredo Pareto, um cientista econômico italiano, realizou estudos e desenvolveu modelos para descrever a distribuição desigual das

riquezas de seu país. Sua conclusão foi que 20% da população detinham cerca de 80% da arrecadação, enquanto para os outros 80% da população restavam apenas 20% da arrecadação. Essa assertiva ficou conhecida como Princípio de Pareto, também denominada de Regra do 80-20.

O Princípio de Pareto apresenta o conceito de que, na maioria das situações, 80% das consequências são resultados de 20% das causas.

Ainda segundo a metodologia, os problemas referentes a qualidade de produtos e processos, que resultam em perdas, podem ser classificados da seguinte maneira:

- **Poucos vitais:** representam poucos problemas que resultam em grandes perdas;
- **Muitos triviais:** representam muitos problemas que resultam em poucas perdas.

O Diagrama de Pareto corresponde a uma abordagem estatística que permite, por meio de uma representação gráfica específica, a identificação dos aspectos prioritários relacionados à situação em análise. Trata-se, portanto, de uma ferramenta para priorização das ações ou esforços. Esta ferramenta, elenca e prioriza os problemas que devem ser resolvidos com mais urgência.

O Diagrama, Princípio ou Gráfico de Pareto pode ser utilizado nas seguintes situações:

Definição de projetos de melhoria:

- Identificação das principais fontes de custo;
- Identificação das principais causas que afetam um processo;
- Identificação das principais categorias de reclamações de clientes;
- Identificação das principais causas de não conformidade no processo.

Análise de custo de projetos:

- Identificação da distribuição de recursos por projetos;
- Identificação de áreas prioritárias para investimento.

Análise de um almoxarifado:

- Identificação dos materiais que representam maior valor monetário em estoque;
- Identificação dos materiais que ocupam maior volume nas instalações.

O Diagrama de Pareto tem como função principal deixar mais aparente os problemas que tem mais importância para a empresa. Dessa forma é possível resolvê-los para aumentar os resultados dos produtos em vendas.

3.3.4 – FERRAMENTA 5W2H

A ferramenta 5W2H foi criada como uma ferramenta auxiliar na utilização do PDCA, mais precisamente na parte de planejamento, por profissionais da indústria automobilística do Japão.

Essa ferramenta consiste em um plano de ação para atividades pré-estabelecidas que tenha a necessidade de serem desenvolvidas com a maior clareza possível, além de funcionar como um mapeamento dessas atividades.

A técnica 5W2H trata-se de uma ferramenta prática que permite, a qualquer momento, identificar dados e rotinas mais importantes de um projeto ou de uma unidade de produção (SEBRAE, 2008). Também possibilita identificar quem é quem dentro da organização, o que faz e porque realiza tais atividades.

O método constitui-se de sete perguntas (Figura 7), utilizadas para implementar soluções:

Figura 7 - Método da ferramenta 5W2H

MÉTODO DA FERRAMENTA 5W2H			
5W	<i>What?</i>	O que?	Que ação será executada?
	<i>Who?</i>	Quem?	Quem irá executar/participar da ação?
	<i>Where?</i>	Onde?	Onde será executada a ação?
	<i>When?</i>	Quando?	Quando a ação será executada?
	<i>Why?</i>	Por quê?	Por que a ação será executada?
2H	<i>How?</i>	Como?	Como será executada a ação?
	<i>How much?</i>	Quanto custa?	Quanto custa para executar a ação?

Fonte: SEBRAE, (2008)

Dentro de cada uma dessas perguntas, inúmeros outros questionamentos podem ser feitos para melhor entendimento da função do 5W2H:

- **O quê?** Qual a atividade? Qual o assunto? O que deve ser medido? Quais os resultados dessa atividade? Quais atividades são dependentes dela? Quais atividades são necessárias para o início da tarefa? Quais os insumos necessários?
- **Quem?** Quem conduz a operação? Qual a equipe responsável? Quem executará determinada atividade? Quem depende da execução da atividade? A atividade depende de quem para ser iniciada?
- **Onde?** Onde a operação será conduzida? Em que lugar? Onde a atividade será executada? Onde serão feitas as reuniões presenciais da equipe?
- **Por quê?** Por que a operação é necessária? Ela pode ser omitida? Por que a atividade é necessária? Por que a atividade não pode fundir-se com outra atividade? Por que A,B e C foram escolhidos para executar esta atividade?
- **Quando?** Quando será feito? Quando será o início da atividade? Quando será o término? Quando serão as reuniões presenciais?

- **Como?** Como conduzir a operação? De que maneira? Como a atividade será executada? Como acompanhar o desenvolvimento dessa atividade? Como A, B e C vão interagir para executar esta atividade?
- **Quanto?** Quanto custa realizar a mudança? Quanto custa a operação atual? Qual a relação custo/benefício? Quanto tempo está previsto para a atividade?

Através dessas perguntas pode-se direcionar, planejar, definir as responsabilidades e quantificar as ações.

Ainda segundo o SEBRAE (2008), a técnica 5W2H trata-se de uma ferramenta simples, porém poderosa, para auxiliar a análise e o conhecimento sobre determinado processo, problema ou ação a serem efetivadas, podendo ser usado em três etapas na solução de problemas:

- **Diagnóstico:** na investigação de um problema ou processo, para aumentar o nível de informações e buscar rapidamente as falhas;
- **Plano de ação:** auxiliar na montagem de um plano de ação sobre o que deve ser feito para eliminar um problema;
- **Padronização:** auxilia na padronização de procedimentos que devem ser seguidos como modelo, para prevenir o reaparecimento de modelos.

Em uma empresa que deseja crescer e fazer bons planejamentos, a ferramenta 5W2H faz-se extremamente útil e, pela sua praticidade, ela pode ser feita em organizações de qualquer porte, pois não necessita de uma equipe técnica especializada desde que tenha alguém que saiba realizar todo o processo e organizá-lo de maneira a obter muito sucesso.

3.3.5 – MODELO A3 DA TOYOTA

O relatório A3 (Figura 8) trata-se de um método que a *Toyota Motor Corporation* utiliza para propor soluções para os problemas, fornecer relatórios da situação de projetos em andamento e relatar atividades de coleta de informações. Este relatório

documenta os resultados chaves na solução de problemas de forma concisa e incorpora uma completa metodologia de solução de problemas baseada em um profundo conhecimento de como o processo é realmente executado (SOBEK & JIMMERSON, 2004).

Gosh & Sobek (2002), consideram nove passos fundamentais no método A3:

- Observar o processo atual;
- Desenhar um diagrama para representar a situação atual;
- Determinar a causa raiz do problema utilizando os Cinco Porquês;
- Desenvolver contramedidas para a causa raiz do problema;
- Desenhar um diagrama da condição ideal ou desejada baseada em consenso com as partes envolvidas;
- Planejar a implementação;
- Discutir os passos anteriores com as partes envolvidas;
- Implementar as ações planejadas;
- Coletar dados do novo processo e comparar com os objetivos pré-estabelecidos.

Figura 8 - Modelo de relatório A3

Tema: O que se pretende fazer															
<u>Histórico:</u> - Histórico do problema - Contexto necessário para um perfeito entendimento - Importância do problema	<u>Condição objetivo:</u> - Diagrama do processo proposto - Contra-medidas - Objetivos mensuráveis (quantidade, tempo)														
<u>Condição Atual:</u> - Diagrama da situação atual - Aspectos do sistema que não ideais - Resultados mensuráveis do problema	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center; padding: 2px;">Plano de Implementação</th> </tr> <tr> <th style="width: 25%; padding: 2px;">O que?</th> <th style="width: 25%; padding: 2px;">Quem?</th> <th style="width: 25%; padding: 2px;">Quando?</th> <th style="width: 25%; padding: 2px;">Onde?</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="height: 40px;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p style="margin-top: 5px;">Custo:</p>			Plano de Implementação				O que?	Quem?	Quando?	Onde?				
Plano de Implementação															
O que?	Quem?	Quando?	Onde?												
<u>Análise da causa:</u> - Lista dos problemas - Causa raiz ou a mais provável <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> Por quê? </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> Por quê? Por quê? </div>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; padding: 2px;">Acompanhamento</th> </tr> <tr> <th style="width: 50%; padding: 2px;">Plano</th> <th style="width: 50%; padding: 2px;">Resultados Atuais</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px; vertical-align: top;"> - Como os efeitos serão verificados? - Quando eles serão verificados? </td> <td style="padding: 2px; vertical-align: top;"> - Comparar resultados com as expectativas - Verificar os prazos </td> </tr> </tbody> </table>			Acompanhamento		Plano	Resultados Atuais	- Como os efeitos serão verificados? - Quando eles serão verificados?	- Comparar resultados com as expectativas - Verificar os prazos						
Acompanhamento															
Plano	Resultados Atuais														
- Como os efeitos serão verificados? - Quando eles serão verificados?	- Comparar resultados com as expectativas - Verificar os prazos														

Fonte: Sobek & Jimmerson, 2004

O relatório chama-se A3 porque deve ser escrito em uma folha de papel tamanho A3, onde as informações apresentadas devem ser sucintas e essenciais para não desperdiçarem espaço no papel e tempo dos leitores (SOBEK & JIMMERSON, 2004).

Os relatórios A3, segundo Sobek & Jimmerson (2004), são divididos em: tema, contexto, condição atual, análise da causa raiz, condição alvo, plano de implementação, indicadores e relatórios de resultados.

De acordo com Gosh & Sobek (2002), o processo A3 de solução de problemas refere-se à estrutura para implementação do método científico. O conhecimento prévio necessário corresponde à condição inicial e a causa raiz, o projeto de experimentos refere-se à condição alvo e o plano de implementação, e as hipóteses ao plano de implementação. Por fim, a seção de relatórios de resultados é importante para avaliação do suporte dado às hipóteses. Se sim, o resultado é confirmado e seguem-se para o próximo problema, caso contrário, novas experiências e investigações se fazem necessárias.

Segundo Jimmerson *et al.* (2005), as vantagens do modelo A3 em relação aos demais está demanda da documentação, através dos diagramas, de como o trabalho realmente acontece, pois quase sempre são as anomalias e os pequenos detalhes negligenciados no local de trabalho que causam as ineficiências ou questões de qualidade, além disso, para preencher o relatório não é necessário a utilização de computador e com isso pode ser preenchido no próprio local da falha. A natureza visual dos ícones e diagramas cria uma representação mais próxima dos sistemas reais comparados com outras representações tais como fluxogramas.

4 METODOLOGIA

Este capítulo dedica-se ao desenvolvimento metodológico com a finalidade de atender aos objetivos deste trabalho e tem como proposta aplicar conhecimentos e ferramentas técnicas de solução de problemas com o propósito de melhorar a eficiência produtiva no setor de pintura de uma empresa do ramo automobilístico.

O trabalho classifica-se como estudo de caso, caracterizado com uma metodologia investigativa e de caráter empírico para explorar uma situação real a partir de evidências dos dados atuais do setor escolhido para a aplicação do estudo. Trata-se de um trabalho de campo, sendo utilizada metodologia de solução de problemas para aplicação prática, apoiada na fundamentação teórica, comparando-se a situação antes e após a implantação do plano de ação. Segundo Miguel (2010), a adoção de estudo de caso deve estar ligada à literatura e atender aos objetivos propostos com a finalidade de contribuir na construção dos resultados.

Quanto à abordagem, a pesquisa pode ser considerada tanto qualitativa quanto quantitativa. Foi qualitativa em razão de buscar uma explicação sobre o porquê dos problemas que estão ocorrendo e o que convém ser feito para a solução. Pode ser quantitativa, uma vez que produz resultados quantificáveis, que pode ser apresentados em forma de números, servindo de base para análises e conclusões sobre os resultados alcançados. (GERHARDT; SILVEIRA, 2009; FONSECA, 2002).

Quanto à natureza, este estudo refere-se a uma pesquisa aplicada, envolvendo “verdades e interesses locais” e visando à produção de conhecimentos para aplicação prática com a finalidade de resolver problemas particulares (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Para o desenvolvimento do trabalho foi feito o levantamento real dos dados, visando à obtenção das informações e detalhes necessários à formação dos indicadores de desempenho. Além disso, a interação entre o grupo de trabalho e demais funcionários envolvidos nas operações, foi fundamental ao bom andamento das atividades e atingimento das metas e objetivos propostos.

O emprego de técnicas e metodologias de solução de problemas foi fundamental para atuar nas causas geradoras das perdas de eficiência no setor de pintura da empresa, com o objetivo de melhorar os indicadores de desempenho. E estes motivos precisam ser conhecidos para permitir o desenvolvimento de ações efetivas

e a concentração de esforços nos pontos mais relevantes, a partir das informações obtidas nas análises realizadas durante o estudo.

O desenvolvimento do trabalho seguiu as etapas a seguir, utilizando-se dos conceitos expostos ao longo do capítulo 3. Logo após desdobra-se a explicação de como ocorreu cada etapa:

- Definição dos indicadores de desempenho a serem acompanhados;
- Formação de um grupo de trabalho;
- Inspeção visual do posto de trabalho (setor de pintura da empresa);
- Levantamento da situação atual;
- Utilização de ferramentas de análise, como diagrama de Pareto, relatório A3, técnica 5W2H, para implantação da metodologia;
- Análise dos resultados obtidos.

A primeira etapa consistiu em definir, junto ao gerente da fábrica, quais os indicadores a serem considerados como elementos de acompanhamento durante o progresso das atividades. Os indicadores foram a base de mensuração da evolução dos resultados e permitiram uma fácil visualização e análise para verificar a eficácia das ações tomadas.

A etapa de formação de um grupo de trabalho compreendeu a composição de funcionários do setor administrativo da empresa, como gerente de produção, estagiário de produção e aprendiz de produção compreendendo um total de três integrantes. Este grupo de trabalho foi responsável pelo desencadeamento das atividades, em sua metodologia, para atingimento dos objetivos propostos neste estudo.

5 ANÁLISE E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

No levantamento da situação atual foi feita a inspeção visual do posto de trabalho para analisar o *layout* existente e coletados dados como anotação indevida no quadro hora-hora, tempo ocioso, movimentação imprópria, desorganização e ociosidade dos trabalhadores deste setor.

A Figura 9 demonstra a descrição de todas as falhas ocorridas e sua frequência no intervalo de três dias determinado para a coleta de dados.

Figura 9 – Análise do setor de pintura e coleta de dados

Categoria	Quantidade		
Anotação indevida no quadro hora-ho	2x		
Tempo ocioso	4x		
Movimentação imprópria	7x		
Desorganização	6x		
Ociosidade	2x		
Falta de peças	1x		
1º Dia (25/07/2019)			
Observações - Os principais problemas encontrados nesse dia foi a desorganização tanto das peças como de equipamentos para os operadores. Houve uma grande perda de tempo em operadores que precisavam de itens e tinham que se deslocar ou fazer varias manobras para voltar a realizar trabalho.		Observação - Outro problema encontrado foi a anotação indevida do quadro hora-hora. Foi anotado no hora-hora 2 horas depois da hora a ser marcada, sendo assim nao condizentes as anotações	
2º Dia (29/07/2019)			
Observação - O grande problema apresentado nesse dia foi a movimentação indevida. Muitos funcionarios passando por lugares que nao podiam passar, saida de posto de trabalho.		Observação - A "Selagem" apresenta piores medidas de tempo, pois o operador parece mal instruido na sua função	
3º Dia (01/08/2019)			
Observação - A disposição do material estava bem desorganizada. A operadora do "MAQUINA C" precisava se deslocar pelo setor para buscar caixas vazias. A "ÁREA DE AGUARDO" com ordens aleatorias para movimentação.		Observação - O grande problema desse dia foi a falta de preenchimento do quadro hora a hora, sendo assim informações perdidas.	

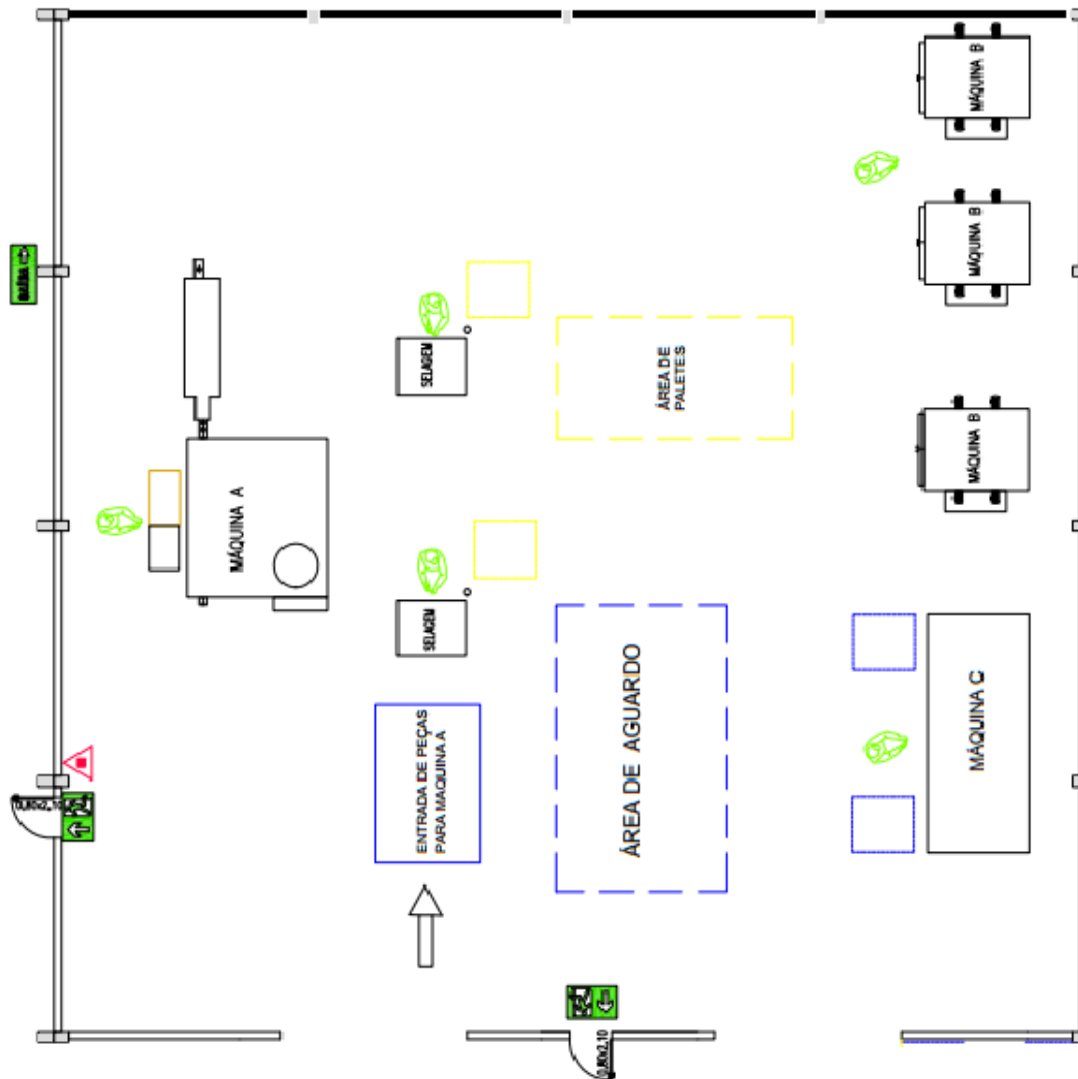
Fonte: O autor (2019)

A coleta de informações focou especificamente o *layout* do setor de pintura da empresa visando à funcionalidade dos processos. Cabe ressaltar, que a pesquisa iniciou a medição *in loco* para mapeamento do setor, em segundo plano ocorreu a análise visual do setor e coleta das informações com os colaboradores; na terceira etapa elaborou-se a planta baixa da edificação e distribuição das máquinas e

materiais no setor tal como estava no momento da medição, com o objetivo de dialogar sobre a nova proposta de *layout*.

Na figura 10 tem-se a planta baixa do *layout* do setor de pintura da empresa antes da implantação das mudanças:

Figura 10 – Layout do setor de pintura da empresa



Fonte: O autor (2019)

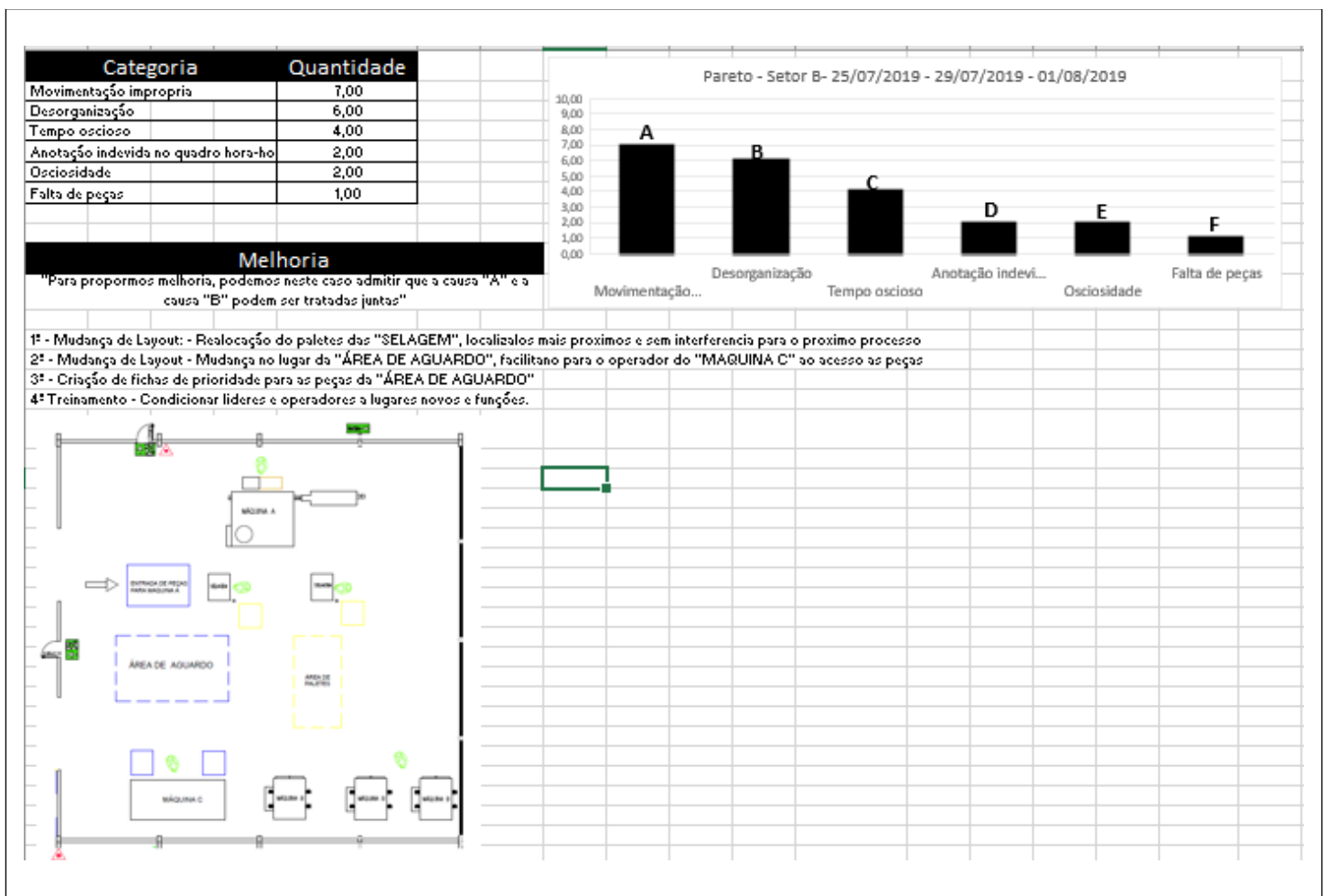
Sendo que cada equipamento exerce a seguinte função:

- **Máquina A:** Pintura do produto oriundos do processo anterior;
- **Selagem:** Aplicação de resinas para selar as peças;

- **Máquina B:** Fornos responsáveis pela cura da resina;
- **Área de Aguardo:** Local destinado para resfriar as peças;
- **Máquina C:** Posto de inspeção visual das peças.

Através da coleta de dados realizada no setor de pintura da empresa, ocorreu a confecção de um gráfico de Pareto (Figura 11) evidenciando as principais causas de perdas no desempenho da produtividade.

Figura 11 – Pareto do setor de pintura da empresa

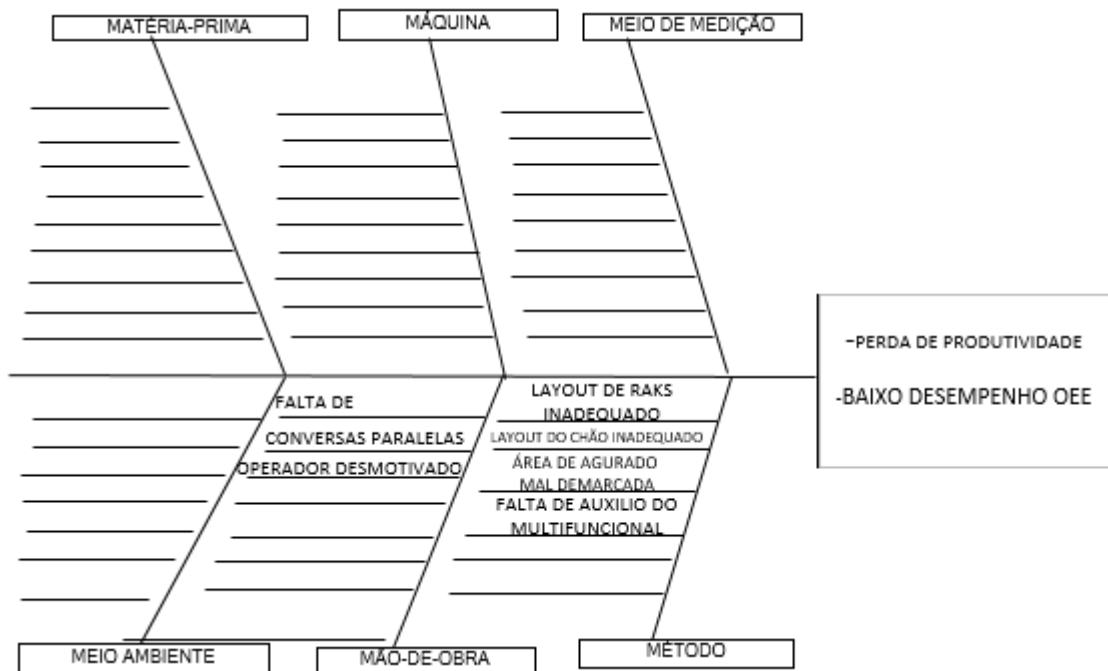


Fonte: O autor (2019)

A próxima etapa teve como objetivo a análise dos modos de falha dos eventos com maior representatividade na análise de Pareto, através do diagrama de causa e efeito.

A Figura 12 exibe o exemplo de uma análise realizada com a metodologia do diagrama de causa e efeito para o problema Perda de Produtividade e Baixo Desempenho OEE

Figura 12 - Diagrama de Causa e Efeito



.Fonte: O autor (2019)

Encontradas as causas raízes, foi traçado o plano de ação para atacar os principais modos de falhas e evitar a recorrência dos problemas.

Neste plano foram definidas as medidas a serem executadas, o responsável por cada ação e o prazo para execução.

Para isto, fez-se uso do relatório A3 para apresentar de forma sintetizada e organizada a solução encontrada para o problema.

No relatório foram apresentados:

- Os problemas ocorridos e, elaborado um diagrama de Pareto – que gerou indicadores mostrando a causa raiz do problema;
- Foi apresentada a análise atual do *layout* do setor de pintura da empresa;
- Elaboradas ações corretivas para a atual situação;

- Foi traçado o plano de ação, formalizado através da ferramenta 5W2H para atacar as principais falhas do processo.

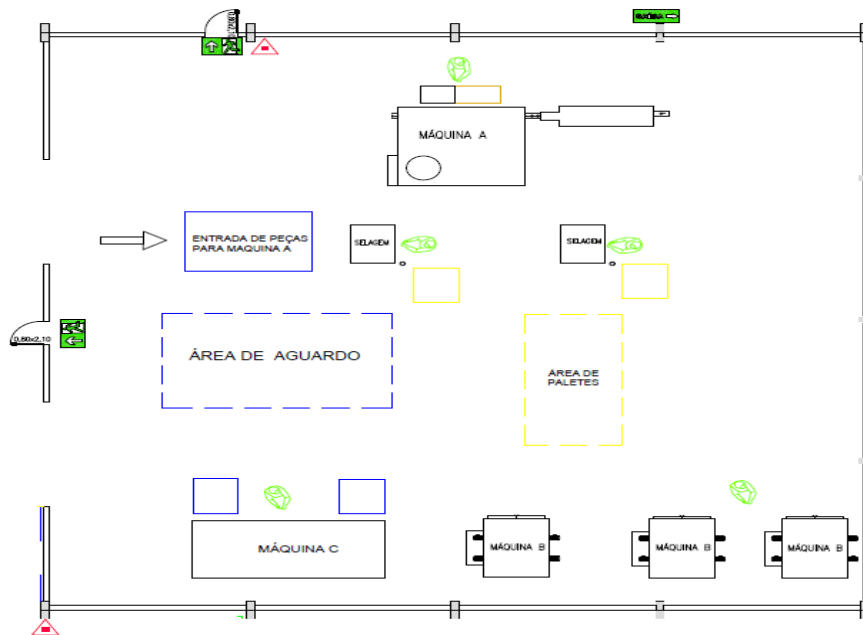
Segue apresentação gráfica da elaboração do relatório A3:

A3 MELHORIA CONTÍNUA

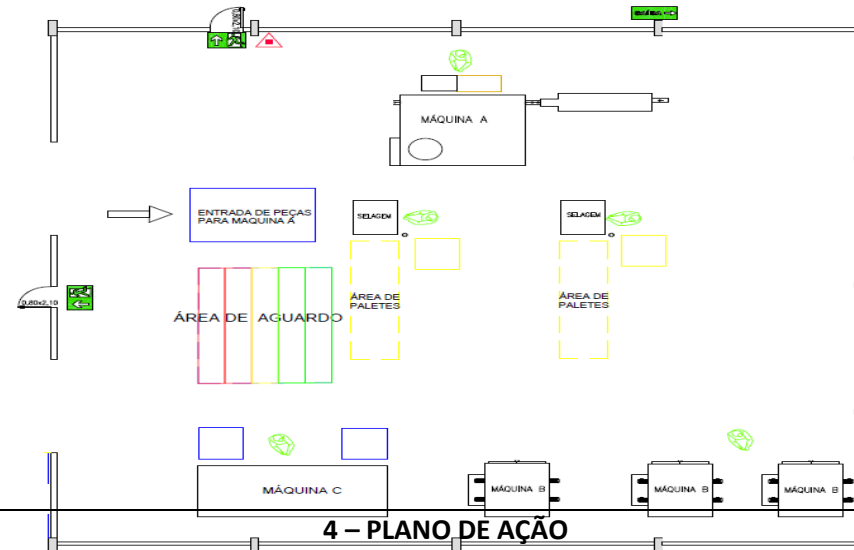
1 – OBJETIVO DO NEGÓCIO

- Aumentar produtividade reduzindo tempo de desperdício;
- Mudança de *layout* para facilitar acesso ao operador.

2 – SITUAÇÃO ATUAL



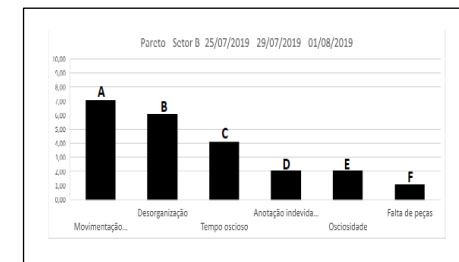
2 – SITUAÇÃO ALVO (UNIÃO 3D COM PRÉ-AMARRAÇÃO)



4 – PLANO DE AÇÃO

O QUE	QUEM	QUANDO
1 – Realocação dos paletes da “SELAGEM”, localizando-os mais próximos e sem interferência para o próximo processo.	ELIAS	W34
2 – Mudanças no lugar da “ÁREA DE AGUARDO”, facilitando para o operador da “MÁQUINA C” acesso às peças.	ELIAS	W34
3 – Criações de fichas de prioridade para as peças da “ÁREA DE AGUARDO”	ELIAS	W34
4 – Condicionar líderes e operadores a lugares e funções novas	GERENTE PRODUÇÃO	W34

CATEGORIA	QTDE
Movimentação indevida	7,00
Desorganização	6,00
Tempo ocioso	4,00
Anotação incorreta no quadro hora-hora	2,00
Ociosidade	2,00
Falta de peças	1,00



Na sequência, obtém-se o indicador OEE, que considera os vários fatores de eficiência, por meio da multiplicação dos índices de disponibilidade, de *performance* e de qualidade.

Foram definidos quatro indicadores a serem acompanhados neste estudo. A escolha foi alinhada junto ao gerente de fábrica e representam o maior grau de importância em termos de custo, qualidade do produto acabado e o grau de aproveitamento do equipamento em produção.

Os indicadores que foram avaliados e trabalhados são: horas trabalhadas, horas perdidas, sucata e a quantidade de peças produzidas.

Os dados para coleta e análise do indicador OEE são correspondentes à semana 34 do ano para que, após a aplicação do Pareto e do relatório A3 sejam comparadas e analisadas as mudanças no desempenho.

Também serão desmembrados os valores de OEE por cada máquina referente ao setor B.

A Tabela 2 representa de forma objetiva os resultados referentes à semana 34 do ano.

Tabela 2 - Cálculo do OEE – Semana 34

SEMANA 34						
MÁQUINA A						
	19	20	21	22	23	24
HORAS TRABALHADAS	16,16	20,66	11,82	10,07	15,66	19,08
HORAS PERDIDAS	0,50	1,10	1,33	2,33	1,50	6,50
SUCATA	31,00	52,00	5,00	27,00	43,00	0,00
PEÇAS PRODUZIDAS	3760,00	4691,00	2475,00	1640,00	2680,00	3020,00
DISPONIBILIDADE	96,91%	94,68%	88,72%	76,83%	90,42%	65,95%
DESEMPENHO	100,87%	101,04%	98,54%	89,78%	80,13%	100,00%
QUALIDADE	99,18%	98,89%	99,80%	98,35%	98,40%	100,00%
OEE	96,94%	94,60%	87,25%	67,84%	71,29%	65,95%

SEMANA 34						
SELAGEM						
	19	20	21	22	23	24
HORAS TRABALHADAS	21,16	20,99	20,24	19,99	19,57	16,91
HORAS PERDIDAS	1,87	6,27	4,67	3,88	5,93	1,35
SUCATA	1,00	1,00	8,00	3,00	0,00	17,00
PEÇAS PRODUZIDAS	3822,00	3146,00	2927,00	3026,00	2678,00	3041,00
DISPONIBILIDADE	91,18%	70,14%	76,94%	80,57%	69,68%	92,02%
DESEMPENHO	90,90%	98,05%	86,45%	86,27%	90,08%	90,15%
QUALIDADE	99,97%	99,97%	99,73%	99,90%	100,00%	99,44%
OEE	82,85%	68,75%	66,34%	69,44%	62,77%	82,49%

SEMANA 34						
MÁQUINA B						
	19	20	21	22	23	24
HORAS TRABALHADAS	20,99	19,41	20,99	16,66	21,33	20,99
HORAS PERDIDAS	9,00	2,92	8,25	1,42	1,00	0,58
SUCATA	0,00	12,00	0,00	0,00	5,00	3,00
PEÇAS PRODUZIDAS	2279,00	3269,00	2568,00	2633,00	4550,00	4460,00
DISPONIBILIDADE	57,12%	84,97%	60,70%	91,50%	95,31%	97,22%
DESEMPENHO	82,81%	89,23%	90,27%	78,31%	96,10%	95,01%
QUALIDADE	95,64%	92,55%	93,04%	91,90%	97,04%	95,85%
OEE	45,24%	70,17%	50,98%	65,85%	88,88%	88,53%

SEMANA 34						
MÁQUINA C						
	19	20	21	22	23	24
HORAS TRABALHADAS	20,57	20,99	20,99	20,99	20,99	20,99
HORAS PERDIDAS	1,08	1,58	1,75	0,92	4,83	2,75
SUCATA	2,00	1,00	6,00	2,00	11,00	0,00
PEÇAS PRODUZIDAS	3261,00	3127,00	2992,00	3046,00	2764,00	2593,00
DISPONIBILIDADE	94,73%	92,46%	91,66%	95,63%	76,97%	86,90%
DESEMPENHO	87,54%	87,28%	91,48%	86,54%	82,76%	82,53%
QUALIDADE	79,65%	76,92%	70,83%	73,06%	86,13%	71,77%
OEE	66,05%	62,07%	59,39%	60,47%	54,87%	51,47%

Fonte: O autor (2019)

Para melhor avaliação dos dados foi elaborado um consolidado (média dos valores de cada dia da semana para o respectivo parâmetro) da semana 34 (Tabela

3) para posteriormente ser comparado com a semana 44 onde a melhoria já foi aplicada.

Tabela 3 - Consolidado semana 34

CONSOLIDADO S34				
	MÁQUINA A	SELAGEM	MÁQUINA B	MÁQUINA C
DISPONIBILIDADE	85,58%	80,09%	81,14%	89,73%
DESEMPENHO	95,06%	90,32%	88,62%	86,35%
QUALIDADE	99,10%	99,84%	94,34%	76,40%
OEE	80,64%	72,11%	68,28%	59,05%

Fonte: O autor (2019)

Baseado na tabela 3, podemos elaborar uma média entre as OEEs de semana 34 para as máquinas: Máquina A, Selagem, Máquina B e Máquina C.

$$MédiaOEEs34 = \frac{80,64 + 72,11 + 68,28 + 59,05}{4}$$

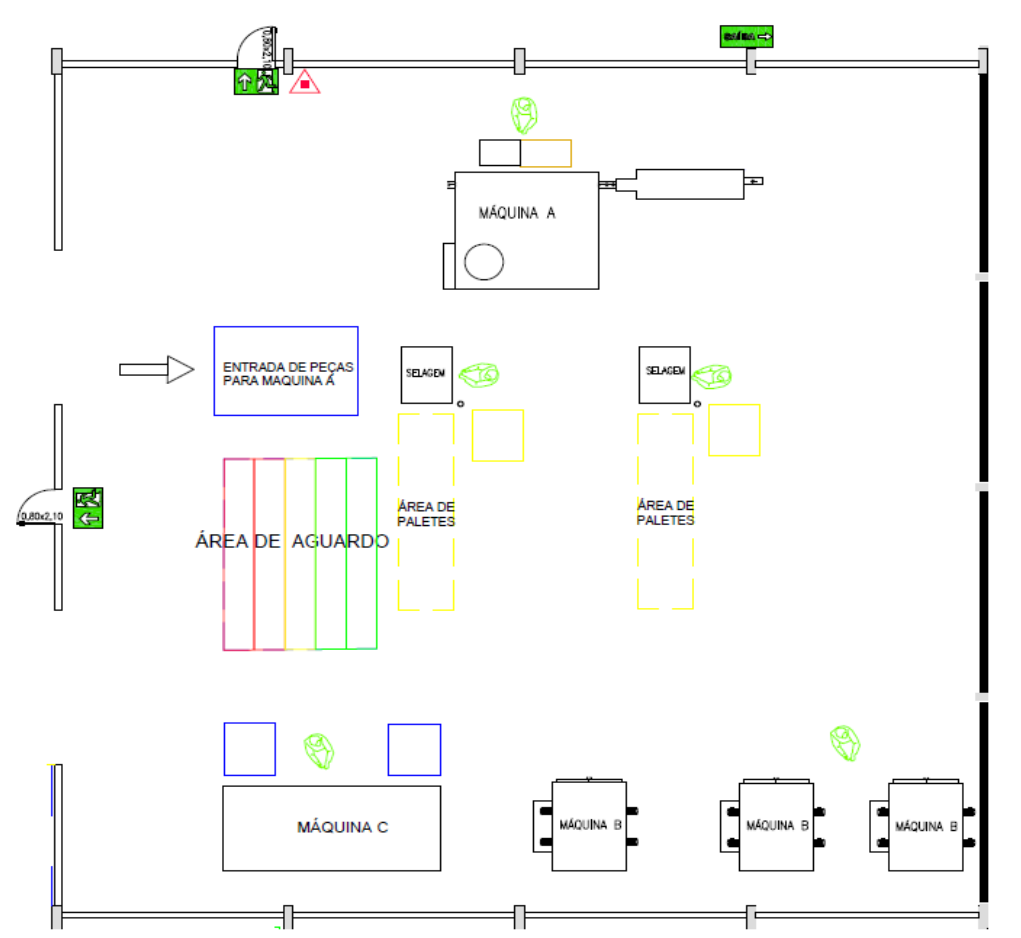
$$MédiaOEEs34 = 70,02\%$$

Com as informações da MédiaOEEs34 pode-se constatar que o indicador OEE ficou abaixo dos valores de referência considerados ideais por Nakajima(1989), ou seja, há um grande potencial de melhorar o aproveitamento da capacidade de produção do setor.

Após o período de dez semanas de coleta, análise de dados e aplicação de melhorias fornecidas através das ferramentas Pareto, Ishikawa e Relatório A3, foram coletados os dados referentes à semana 44 do ano e comparados com os dados da semana 34, coletados no início do estudo.

A figura 13 mostra o novo *layout* proposto no setor de pintura da empresa.

Figura 13 - Novo layout do setor de pintura da empresa



Fonte: O autor (2019)

Neste novo layout proposto foi implementada uma nova “ÁREA DE AGUARDO”, priorizando peças em sequência de tempo de saída sendo: área vermelha peças de alta prioridade de saída; área amarela peças com média prioridade de saída e área verde peças com baixa prioridade de saída.

A Tabela 4 representa de forma objetiva os resultados referentes à semana 44 do ano de modo a comprovar os resultados alcançados.

Tabela 4 - Cálculo do OEE – Semana 44

SEMANA 44						
	MÁQUINA A					
	9	10	11	12	13	14
HORAS TRABALHADAS	15,32	22,82	9,07	12,66	13,66	19,66
HORAS PERDIDAS	0,08	2,42	0,00	1,50	4,08	3,33
SUCATA	12,00	34,00	7,00	0,00	0,00	1,00
PEÇAS PRODUZIDAS	3102,00	5117,00	1691,00	2565,00	2235,00	3798,00
DISPONIBILIDADE	99,46%	89,41%	100,00%	88,15%	70,11%	83,05%
DESEMPENHO	85,16%	105,19%	78,00%	95,77%	97,24%	96,95%
QUALIDADE	99,61%	99,34%	99,59%	100,00%	100,00%	99,97%
OEE	84,37%	93,43%	77,68%	84,42%	68,17%	80,49%

SEMANA 44						
	SELAGEM					
	9	10	11	12	13	14
HORAS TRABALHADAS	19,91	19,49	18,49	18,49	11,16	18,57
HORAS PERDIDAS	2,57	2,13	1,27	1,83	3,00	1,75
SUCATA	3,00	3,00	1,00	0,00	1,00	0,00
PEÇAS PRODUZIDAS	3308,00	3648,00	3559,00	3450,00	1560,00	3348,00
DISPONIBILIDADE	87,11%	89,05%	93,15%	90,08%	73,12%	90,58%
DESEMPENHO	87,57%	96,49%	94,81%	95,01%	87,75%	91,31%
QUALIDADE	99,91%	99,92%	99,97%	100,00%	99,94%	100,00%
OEE	76,21%	85,86%	88,29%	85,59%	64,12%	82,70%

SEMANA 44						
MÁQUINA B						
	9	10	11	12	13	14
HORAS TRABALHADAS	19,99	20,65	18,58	18,65	9,41	15,33
HORAS PERDIDAS	1,00	1,83	0,75	1,58	0,75	0,22
SUCATA	13,00	0,00	1,00	4,00	1,00	9,00
PEÇAS PRODUZIDAS	4234,00	3886,00	3898,00	3399,00	1792,00	2544,00
DISPONIBILIDADE	95,00%	91,12%	95,96%	91,51%	92,03%	98,59%
DESEMPENHO	95,82%	88,97%	92,80%	83,64%	86,27%	70,38%
QUALIDADE	96,95%	96,71%	98,16%	99,21%	99,94%	99,65%
OEE	88,25%	78,41%	87,41%	75,94%	79,35%	69,15%

SEMANA 44						
MÁQUINA C						
	9	10	11	12	13	14
HORAS TRABALHADAS	19,99	18,99	20,49	21,32	20,99	14,66
HORAS PERDIDAS	0,42	0,17	0,50	0,67	0,33	0,33
SUCATA	5,00	26,00	6,00	4,00	24,00	7,00
PEÇAS PRODUZIDAS	2949,00	3230,00	3546,00	3417,00	3231,00	2631,00
DISPONIBILIDADE	97,92%	99,12%	97,56%	96,87%	98,41%	97,73%
DESEMPENHO	80,02%	89,16%	89,50%	90,24%	95,31%	100,08%
QUALIDADE	78,45%	80,19%	82,58%	76,39%	68,38%	76,46%
OEE	61,47%	70,87%	72,11%	66,78%	64,14%	74,78%

Fonte: O autor (2019)

A seguir na Tabela 5 o consolidado OEE da semana 44:

Tabela 5 - Consolidado semana 44

CONSOLIDADO S44				
	MÁQUINA A	SELAGEM	MÁQUINA B	MÁQUINA C
DISPONIBILIDADE	88,36%	87,18%	94,03%	97,93%
DESEMPENHO	93,05%	92,16%	86,31%	90,72%
QUALIDADE	99,75%	99,96%	98,44%	77,08%
OEE	81,43%	80,46%	79,75%	68,36%

Fonte: O autor (2019)

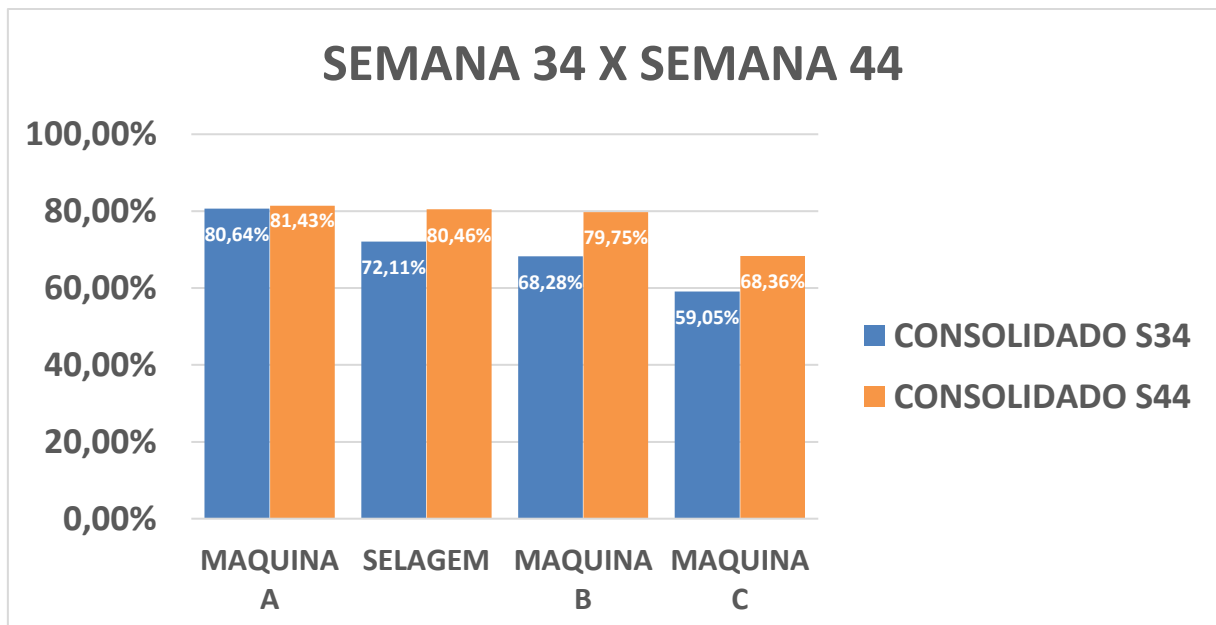
Baseado na tabela 5, pode-se elaborar uma média entre as OEEs da semana 44 para as máquinas: Máquina A, Selagem, Máquina B e Máquina C.

$$MédiaOEEs44 = \frac{81,43 + 80,46 + 79,75 + 68,36}{4}$$

$$MédiaOEEs44 = 77,5\%$$

Para maior facilidade de visualização dos resultados alcançados, foi elaborado o gráfico abaixo mostrando a OEE da semana 34 em relação à OEE da semana 44 do ano e seus consolidados.

Gráfico 1 - Comparativo OEE Semana 34 x Semana 44



Fonte: O autor (2019)

Podendo observar que houve aumento do desempenho em todas as máquinas após as melhorias aplicadas:

- Máquina A: melhoria de 0,79%
- Selagem: melhoria de 8,35%
- Máquina B: melhoria de 11,47%
- Máquina C: melhoria de 9,31%

Com os valores de MédiaOEES34 e MédiaOEES44 pode-se comparar os resultados conforme os ideais propostos por Nakajima(1989), sendo divididos nos grupos:

65%- Mostra uma empresa pouco competitiva, sugerindo perdas monetárias significativas e por esse motivo devem ser tomadas medidas urgentemente;

65%-75%- Estes valores, se acompanhados de uma tendência crescente em que as perdas estejam a ser colmatadas, podem ser aceites, o que mostra que a eficiência está a ser controlada;

75%-85%- Valores que sugerem que o desempenho está devidamente controlado sendo o objetivo atingir os valores mundiais de referência;

85% - Valores mundiais de referência que qualquer organização deve estar disposta a atingir. Neste patamar as perdas são residuais mostrando um desempenho otimizado.

Conforme Nakajima(1989) a empresa saltou da classificação 65%-75% para 75%-85% onde os desempenhos estão devidamente controlados e passou a ter um valor mais competitivo no mercado mundial.

Pode-se também verificar a porcentagem de melhora que a todo processo proporcionou através das mudanças no setor.

Fazendo a diferença entre a MédiaOEES34 E A MédiaOEES44 se obtém a Melhora Significativa do setor, sendo ela:

$$\text{Melhoria Significativa} = \text{MédiaOEES44} - \text{MédiaOEES34}$$

$$\text{Melhoria Significativa} = 77,5\% - 70,02\%$$

$$\text{Melhoria Significativa} = 7,48\%$$

6 CONCLUSÕES

No layout proposto houve a implementação de uma nova “ÁREA DE AGUARDO”, onde pode-se priorizar peças em sequência de tempo conforme suas cores, sendo:

- Área vermelha - peças de alta prioridade de saída;
- Área amarela - peças com média prioridade de saída;
- Área verde - peças com baixa prioridade de saída.

Com essas mudanças foi possível fazer um monitoramento do estado atual na semana 34 e o impacto que a melhoria exerceu na semana 44. Pode-se observar que houve um aumento do valor de OEE para as máquinas do setor de pintura entre o período de mudança, sendo esses aumentos de:

- Máquina A – aumento de 0,79% de OEE;
- Máquina B – aumento de 11,47% de OEE;
- Máquina C - Aumento de 9,31% de OEE;
- Selagem: - Aumento de 8,35% de OEE;

Podemos averiguar de forma mais clara estes resultando comparando a média das OEEs das máquinas do setor de pintura nas semanas 34 e 44.

Para a semana 34 tivemos uma média de OEE no setor de pintura de 70,02% enquanto na semana 44 obteve-se a média de OEE no setor de pintura de 77,5%.

Conforme Nakajima(1989) a empresa saltou da classificação de 65%-75% para a classificação de 75%-85% mostrando que por ele a empresa mostrou os desempenhos devidamente controlados, passando a ter um patamar maior de referência no mercado.

Sendo assim, no setor de pintura houve uma Melhora Significativa de 7,48% entre o período das semanas 34 e 44, melhorando assim a produtividade da Empresa.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma das observações diz respeito ao plano de ação, em que a maioria das ações foi de ordem operacional, ou seja, sem necessidade de gastos financeiros para correção de não conformidades.

Como proposta de melhoria, pode-se:

- Aplicar um trabalho padrão a fim de padronizar as tarefas;
- Adicionar novas alterações na instrução de trabalho e treinamento para colaboradores;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTONY, J., ESCAMILLA, J.L. & CAINE, P. **Lean Sigma Manufacturing Engineer**, April, 2003.

BERSSANETI, Fernando T.; BOUER, Gregório. **Qualidade: Conceitos e Aplicações em Produtos, Projetos e Processos**. Editora Edgard Blucher Ltda, 2013.

BRUCE A. HENDERSON; J.L. **Lean Transformation: How to change your business into a Lean Enterprise**. Oaklea Press, 1999.

CHIAVENATO, I. **Introdução à Teoria Geral da Administração**, Editora Campus, 2000.

FELD, W.M. **Lean Manufacturing: Tools, techniques and how to use them**. Taylor & Francis, 2000.

FILHO, G.V. **Gestão da Qualidade Total – Uma abordagem prática**. 1ª ed. Campinas: Alínea, 2004.

FOGLIATO, F.; RIBEIRO, J. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Elsevier, 2009.

FONSECA, J.J.S. **Metodologia da Pesquisa Científica**. Fortaleza: UEC, 2002.

GERHARDT, T.E.; SILVEIRA, D.T. (orgs). **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GOSH, M.; SOBEK, D. **Effective Metaroutines for Organizational Problem Solving**. Mechanical and Industrial Engineering Department, Bozeman, 2002.

HANSEN, Robert C. **Eficiência Global dos Equipamentos: Uma Poderosa Ferramenta de Produção/Manutenção para o aumento dos lucros**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

HAYES, B.J. “**Assessing for Lean Six Sigma Implementation and Success**”. Six Sigma Advantage: <http://software.isixsigma.com/>, 2000.

ISHIKAWA, Kaorv. **Controle de Qualidade Total: À maneira japonesa**. Rio de Janeiro: Campos, 1993.

JIMMERSON, C.; WEBER, D.; SOBEK, D.K. **Reducing waste and errors: Picoting Lean Principles at Healthcare**. Join Commission Journal on Quality and Patient Safety, May 2005. V.31, n5, p. 249-257.

JONES, D.; WOMAK, J. **A Máquina que Mudou o Mundo**. Editora Campus, 1998.

JONES, D.; WOMAK, J. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas**. Editora Campus, 1998.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance**. São Paulo: Internacional Sistemas Educativos Ltda, 1989.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala**. Editora Bookman, 1997.

OHNO, T. **Toyota Production System : Beyond Large Scale Production**. Portland: Productivity, Inc., 1988.

SANTOS, A.; SANTOS, M. **Utilização do indicador de eficiência global de equipamentos (oee) na gestão de melhoria contínua do sistema de manufatura – um estudo de caso**. Anais do XXVII ENEGEP, Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu: ABEPRO, 2007.

SEBRAE. Ferramenta 5W2H. Disponível em:

http://www.trema.gov.br/qualidade/cursos/5w_2h.pdf>.

SERRA, N.; BELTRÃO, N.; SANTOS, N.; QUARESMA, J. **Utilização do Indicador OEE na Análise do Desempenho dos Processos e Melhoria Contínua na Produção de Condutores Elétricos**. In: ENEGEP, 30, 2010, São Carlos, SP, Brasil, Anais..., São Carlos: ABEPRO, 2007.

SOBEK, D.K.; JIMMERSON, C. **A3 Reports: Tool For Process Improvement**. Proceedings of the Industrial Engineering Research Conference, Houston, 2004.

S. Shingo. **Sistemas de Produção com Estoque Zero: O sistema Shingo para melhorias contínuas**. Bookman, 1996.

S. Shingo. **“O Sistema Toyota de Produção: Do ponto de vista da engenharia da produção”**. Bookman, 1996.

TACHIZAWA, T.; SACAICO, O. **Organização Flexível: Qualidade na Gestão por Processos**. São Paulo: Ed. Atlas, 1997.

TANGEN, S. **An overview of frequently used performance measures**. Work Study 7; pp. 347-354, Mcb – up Limited, Emerald, 2003.

TOLEDO, L. **Proposta de roteiro de implementação dos conceitos de manufatura enxuta baseado num modelo corporativo.** Tese de M. Sc, Universidade Federal de Itajubá, Minas Gerais, Brasil, 2002.

VERGUEIRO, Waldomiro. **Qualidade em Serviços de Informação.** São Paulo: Arte & Ciência, 2002.

WILSON, L. **How to Implement Lean Manufacturing.** Mc Graw- Hill, 2009.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T., ROOS, D. **The Machine that Changed the World.** New York: Scribner, 1990.

