UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADEMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

FLÁVIO LOPES DA SILVA FILHO

APLICAÇÃO DO OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS PARA MEDIR A EFICIÊNCIA DE UMA CÉLULA PRODUTIVA: Estudo de caso em uma indústria de confecção no agreste de Pernambuco

Caruaru
2021

FLÁVIO LOPES DA SILVA FILHO

APLICAÇÃO DO OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS PARA MEDIR A EFICIÊNCIA DE UMA CÉLULA PRODUTIVA: Estudo de caso em uma indústria de confecção no agreste de Pernambuco

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Pesquisa Operacional.

Orientador: Profº. Drª Cristina Pereira Medeiros.

Caruaru

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Silva Filho, Flávio Lopes da.
Aplicação do overall equipment effectiveness para medir a eficiência de uma célula produtiva: estudo de caso em uma indústria de confecção no agreste de Pernambuco / Flávio Lopes da Silva Filho - 2021.
51f.: il.;30 cm.

Orientador(a): Cristina Pereira Medeiros
TCC (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Engenharia de Produção, 2021.
Inclui referências, apêndices.

1. Overall Equipment Effectiveness (OEE). 2. Indicadores de desempenho. 3. Eficiência. 4. Industria têxtil. I. Medeiros, Cristina Pereira II. Título.

620 CDD (22.ed.)

FLÁVIO LOPES DA SILVA FILHO

APLICAÇÃO DO OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS PARA MEDIR A EFICIÊNCIA DE UMA CÉLULA PRODUTIVA: estudo de caso em uma indústria de confecção no agreste de Pernambuco

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Produção do Centro Acadêmico do Agreste - CAA da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Pesquisa Operacional

Após defesa por videoconferência, a banca examinadora considera o candidato **APROVADO**.

Caruaru, 14 de dezembro de 2021.

Banca examinadora:

_____

Prof. Dr. Cristina Pereira Medeiros (Orientador)

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

_____

Prof. Dr. Thárcylla Rebecca Negreiros Clemente (Examinador)

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

_____

Prof. Dr. Thalles Vitelli Garcez (Examinador)

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, em especial aos meus pais e a minha tia, Flávio Lopes, Maria Zélia e Maria Tereza, pois sempre me incentivaram e fizeram todo o possível para me manter no caminho da educação, apesar de todas as adversidades na trajetória até aqui. Agradeço a minha orientadora, Profº. Drª Cristina Pereira Medeiros, pela paciência, incentivo e ensinamentos que me foram passados ao longo do desenvolvimento desse trabalho, sempre disposta a ajudar e aconselhar. Aos meus colegas de trabalho, pelo apoio e colaboração, que me foram dados durante esse período conturbado, em especial a Mozar Felipe. Por último, mas não menos importante, a Deus, por ter colocado pessoas iluminadas no meu caminho.

.

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo medir a eficiência de uma célula produtiva em uma indústria têxtil do agreste de Pernambuco, através da aplicação do *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Os dados foram coletados através de observação e sumarizados em planilhas a fim de identificar as principais perdas durante o processo produtivo, bem como os principais aspectos que influenciaram o desempenho dos indicadores de qualidade, disponibilidade e performance. Através da eficiência de cada um dos indicadores foi possível calcular o OEE e sugerir ações de melhorias que aumentam, de forma individual, o desempenho de cada um dos indicadores. A classificação *Six Sigma* foi usada para o diagnóstico sobre o estado dos indicadores de desempenho da célula de produção, indicando a quantidade de não conformidades por milhão de oportunidades. A célula obteve OEE de 67,99%, proporcionando à empresa uma visão ampla e abrangente da eficiência da célula, norteando os planos de melhoria conforme as necessidades e recursos disponíveis.

Palavras-chave: Overall Equipment Effectiveness (OEE). Indicadores de desempenho. Eficiência. Industria têxtil.

ABSTRACT

This research aimed to measure the efficiency of a production cell in a textile industry in the rural region of Pernambuco, through the application of the Overall Equipment Effectiveness (OEE). Data were collected through observation and summarized in spreadsheets in order to identify the main losses during the production process, as well as the main aspects that influenced the performance of quality, availability and performance indicators. Through the efficiency of each of the indicators, it was possible to calculate the OEE and suggest improvement actions that individually increase the performance of each one of the indicators. The Six Sigma classification was used to diagnose the state of the production cell performance indicators, indicating the number of non-conformities per million opportunities. The production cell obtained OEE of 67.99%, thus, the work allowed, the company, a broad and comprehensive view of the cell's efficiency, guiding the improvement plans according to the needs and available resources.

Keywords: Overall Equipment Effectiveness (OEE). Performance indicators. Efficiency. Textile industry.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Quantidade dos tipos de defeitos encontrados entre janeiro e setembro *28*
Gráfico 2 - Gráfico de Pareto da quantidade de defeitos encontrada **29**
Gráfico 3 - Quantidade de defeitos por localidade **30**
Gráfico 4 - Pareto da quantidade de defeitos por localidade **31**

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação (1) - Mean Time Between Failure 19
Equação (2) - Mean Time To Repair 19
Equação (3) - Disponibilidade 20
Equação (4) - Overall Equipment Effectiveness 21
Equação (5) - Indicador de Disponibilidade 21
Equação (6) - Indicador de Performance 22
Equação (7) - Indicador de Qualidade 22

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Gráfico da distribuição normal com média centralizada **16**
Figura 2 - Relação dos indicadores com as 6 grandes perdas **21**
Figura 3 - Fluxograma das etapas da pesquisa..... *25*

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação do nível sigma 17
Tabela 2 - Mix de Produtos nos meses de janeiro a setembro de 2021 27
Tabela 3 - Quantidade de produtos não conformes entre os meses de janeiro e setembro 32
Tabela 4 - Operações e tempo padrão de um produto genérico 33
Tabela 5 - Tempo real unitário e tempo real produzido 33
Tabela 6 - Eficiência baseada no tempo padrão e no tempo real 33
Tabela 7 - Eficiência entre janeiro e setembro 34
Tabela 8 - Quantidade de ocorrências e tempos de falha e reparo 35
Tabela 9 - Indicadores de manutenção entre os meses de janeiro e setembro 35
Tabela 10 - Tempos de setup em minutos 36
Tabela 11 - Classificação do OEE 38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12
1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO 13
1.1.1 Objetivo Geral 13
1.1.2 Objetivos Específicos 13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DE LITERATURA 14
2.1 *LEAN MANUFACTURING* 14
2.2 *TOTAL QUALITY MANAGEMENT* – TQM 14
2.2.1 *Six sigma - SS* *15*
2.3 INDICADORES 17
2.4 *TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE - TPM* 18
2.4.1 Indicadores de manutenção 18
2.4.1.1 *Downtime* *18*
2.4.1.2 *Mean time between failures* *19*
2.4.1.3 *Mean time to repair* 19
2.4.1.4 Disponibilidade 19
2.4.2 *Overall Equipment Effectiveness - OEE* *20*
2.5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 22
3 METODOLOGIA 24
4 ESTUDO DE CASO 25
4.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA 25
4.2 DESCRIÇÃO DO CENÁRIO ATUAL DA EMPRESA 26
4.3 DESCRIÇÃO DA CÉLULA PILOTO 27
4.4 INDICADOR DE QUALIDADE 27
4.5 INDICADOR DE PERFORMANCE 32
4.6 INDICADOR DE DISPONIBILIDADE 34
4.7 ANÁLISE DE RESULTADOS 37
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 40
REFERÊNCIAS 42
APÊNDICE A – PLANILHA DE APONTAMENTO DE DEFEITOS 45
APÊNDICE B – PLANILHA DE MANUTENÇÃO 47
APENDICIE C – GLOSSÁRIO 49

1 INTRODUÇÃO

As empresas de manufatura enfrentam diariamente o desafio de melhorar suas operações, de modo que se produza mais, com mais qualidade, com menos custos e utilizando melhor seus recursos, visando atender aos requisitos técnicos do mercado. O contexto econômico de incerteza, que vem se desenhando nos últimos anos, evidenciou ainda mais a necessidade que as empresas tem de evoluir, já que de certa forma, as organizações que estagnam são engolidas por suas concorrentes. Portanto, o fator que rege a velocidade de mudança das empresas são as exigências das quais as necessidades do cliente impõem, ao mercado e na forma de demanda não atendida.

Para Shingo (1996), as organizações devem ter um plano de redução de custos, para que possam entregar ao mercado produtos com menor preço que o da concorrência, assim, sobrevivendo no ambiente de alta competitividade, relacionando o custo e o preço de venda, para aumentar os lucros. A metodologia TPM (*Total Productive Maintenance)* apresentada por Seiichi Nakajima em 1971, traz consigo a OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) que relaciona as dimensões de qualidade, performance e disponibilidade na forma de indicadores de desempenho. Segundo Nakajima (1989), o OEE formula a eficiência global dos equipamentos e expressa as perdas que afetam diretamente o rendimento da produtividade, assim como, propõe ações de melhoria que buscam elevar a eficiência dos indicadores, informando as causas que impactam seu desempenho.

Segundo Sharma (2012), o OEE é caracterizado pela demonstração prática dos resultados que um equipamento, sistema ou linha de produção tem ao longo do tempo. E evidencia-se por sua flexibilidade, abrangência e métrica, podendo ser aplicado em ambientes variados. O OEE possibilita aos gestores direcionar suas ações e decisões para as principais perdas e desperdícios, para Hansen (2006), o OEE é uma valiosa ferramenta para alavancar os lucros de uma organização, pois, é possível combina-la com outras ferramentas, metodologias e abordagens.

O OEE tem sido amplamente utilizado por empresas de manufatura que desejam medir o desempenho de suas operações, além de diagnosticar a situação atual do seu sistema produtivo. A aplicação da ferramenta tem sido viabilizada em indústrias de diversos setores, como por exemplo, setor têxtil, automobilístico e alimentício, o indicador se destaca por atuar diretamente nos departamentos de qualidade, produção e manutenção.

O presente trabalho aborda a implementação do indicador de eficiência global de equipamentos com o propósito de estimar a eficiência de uma célula produtiva e identificar ações de melhoria em uma empresa de confecções situada no Agreste Pernambucano.

Ele é fundamentado na dificuldade que atualmente a empresa possui de analisar a utilização dos recursos e as perdas associadas, assim como o impacto gerado sobre as operações. É importante ressaltar que para empresas de manufatura, medir o desempenho do seu processo produtivo, é fundamental para a redução dos custos e apontamento das potenciais melhorias.

Inicialmente o presente trabalho descreve de forma breve o contexto geral, em seguida são apresentados o objetivo geral e os específicos. No segundo momento apresenta-se a revisão bibliográfica, sobre os assuntos ligados ao tema do trabalho e que dão suporte ao desenvolvimento. Na terceira etapa é descrita a metodologia adotada, além do estudo de caso, onde relata-se a situação atual da empresa e descreve-se de forma detalhada as atividades e as análises realizadas. Por fim são apresentadas as recomendações de melhoria juntamente com a conclusão.

1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral aplicar o indicador de eficiência global de equipamentos (OEE) em uma célula piloto de uma empresa de confecção, a fim de medir a eficiência da célula.

1.1.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos desse trabalho, tem-se:

- Coletar dados sobre situação atual dos setores de qualidade, manutenção e produção;
- Mensurar a eficiência dos indicadores de qualidade, desempenho e performance;
- Definir o OEE para a célula piloto;
- Classificar o nível sigma da célula piloto;
- Classificar a disponibilidade da empresa;
- Identificar possíveis pontos de melhoria;

.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Lean Manufacturing*

O *Lean Manufacturing* (LM) é uma filosofia de gerenciamento criada no Japão por Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, que motivados pela crise gerada ao final da primeira guerra mundial e ao colapso nas vendas, que aconteceu anos depois em 1949, visitaram a fábrica da Ford localizada em Detroit e estudaram seu plano de funcionamento. Ao perceber que a metodologia criada por Ford, que vivia seu apogeu em 1955, não seria bem-sucedida no Japão devido a economia devastada, alta concorrência e a escassez de recursos, foi necessário criar uma serie de ferramentas para reduzir tempos de setup, custo unitário de produção e gastos com estoque. Assim fazendo frente a produção em massa que era amplamente praticada pelas indústrias automotivas (Ohno, 1997)

Segundo Womack e Jones (1992), quando se compara duas fábricas que exercem as mesmas atividades onde uma delas utiliza a produção em massa e a outra produção enxuta, tem-se que a fábrica que utiliza produção enxuta é quase duas vezes mais produtiva, três vezes mais precisa, utiliza o espaço com 40% a mais de eficiência e tem o volume de estoque consideravelmente menor. A filosofia enxuta busca manter a alta qualidade mantendo a produtividade e utilizando seus recursos da forma mais eficiente possível, sempre visando produzir mais utilizando menos.

Através da sintetização das características mencionadas, por vários autores, sobre a filosofia *lean* Godinho Filho (2004) define de forma mais precisa o LM como sendo o paradigma estratégico de gestão, ou seja, o modelo estratégico e integrado, direcionado a certas situações de mercado, que propõe auxiliar a empresa a alcançar determinados objetivos de desempenho (qualidade e produtividade), paradigmas esses compostos por uma série de princípios (ideias, fundamentos, regras que norteiam a empresa).

2.2 *Total Quality Management* – TQM

O TQM é a evolução natural e orgânica, que o antigo sistema de gestão da qualidade que era praticado pelas empresas até a década de 1950, sofreu ao longo dos anos. Segundo Martinelli (2009), Armand Feigenbaun estruturou o TQM como uma abordagem que leva o conceito e o controle da qualidade desde o desenvolvimento do produto até a finalização do

processo produtivo. O TQM atua sobre em organização de forma vertical, atuando em todos os níveis hierárquicos e em todos os funcionários, desde a alta gerencia até os operadores no chão de fábrica, e atua de forma horizontal, agindo na cadeia de suprimentos, desde o fornecedor até o consumidor final, passando pelo processo produtivo interno. Para Montgomery (2008), o TQM é uma estratégia organizacional, que atua no gerenciamento das atividades de melhoria continua que envolvem as técnicas de qualidade já implementadas ou em implementação.

Dentre os fundamentos do TQM, destaca-se a preocupação com a satisfação dos funcionários, uma vez que, manter a boa imagem com o cliente é tão importante quanto manter a boa imagem com seus colaboradores. O outro fundamento que se destaca é a busca pela qualidade ao menor custo possível, dessa forma, aumentando a competitividade da organização.

A abordagem do TQM é baseada na busca constante pela qualidade e é dividida em duas vertentes, a primeira é a vertente da melhoria continua a outra é a satisfação do cliente, independente da vertente aplicada o TQM melhora aspectos fundamentais em uma organização, como a produtividade, flexibilidade, eficiência e competitividade. Segundo Campos (1992), para uma empresa sobrevier com honestidade no ambiente onda está inserida, seu objetivo principal deve ser a satisfação das necessidades das pessoas, ou seja, a primeira preocupação deve ser seu cliente. É preciso garantir a satisfação dos consumidores por muito tempo, mesmo após a venda do produto ou a prestação do serviço, de forma que os mesmos voltem e façam a manutenção do capital da empresa.

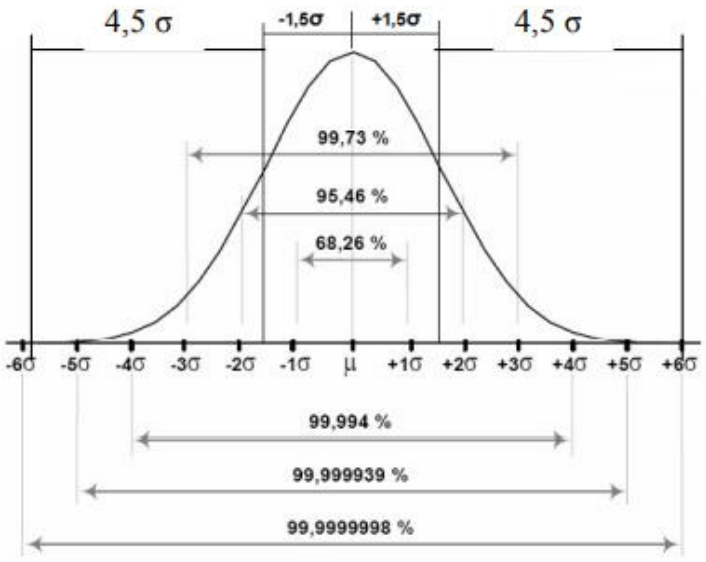
2.2.1 *Six sigma* - SS

Durante uma reunião dos acionistas da Motorola, foi discutido a situação da empresa que outrora era a líder de mercado e naquele momento enfrentava um período de baixa, a qual atribuiu-se, à perda de espaço, a falta de qualidade e ao alto custo de seus produtos. Dessa forma, a necessidade pela melhoria da qualidade foi criada e surgia a metodologia *Six Sigma*. A Motorola foi a idealizadora do SS, e ganhou o prêmio mundial de qualidade em 1988 por isso, mas o SS se popularizou em 1994 quando o presidente da General Eletric anunciou que o SS era o método para alcançar a qualidade e a rentabilidade.

De acordo com Trad e Maximiano (2009), o SS é uma abordagem abrangente e flexível que maximiza as chances de um negócio ter sucesso, orientada pelo bom entendimento dos requisitos do cliente, pelo uso estatístico dos dados, pelo gerenciamento de melhorias e pelo gerenciamento de processos.

Na visão estatística, a letra grega sigma representa o desvio padrão, que identifica a dispersão dos dados entorno da média, considerando uma distribuição normal com media centralizada, o desvio padrão é a distância da média até os limites superior e inferior de controle, como é visto na *Figura **1***. O rigor de um processo é dado pela quantidade de desvios padrão entre a média e os limites inferior e superior, quanto menor o desvio padrão maios rigoroso é o processo, e é através disso que o SS monitora a variabilidade do processo, uma vez que a variabilidade está diretamente relacionada com qualquer produto ou serviço (Tennant, 2001).

Figura 1 - Gráfico da distribuição normal com média centralizada



Fonte: Tennant (2001)

O SS quantifica a qualidade de um processo através dos níveis sigma, cujos níveis representam a quantidade de desvios padrões entre a média e os limites de especificação. Segundo Cortada (2009), o SS é um determinante para o nível de qualidade e, quando o número de sigmas é baixo, como em processos 2 sigma, implicando mais ou menos dois desvios padrões dentro das especificações, o nível de qualidade não é tão alto. Neste caso, o número de não conformidades no processo pode ser muito alto. Se comparado com um processo quatro sigma, onde pode-se ter mais ou menos quatro desvios padrões dentro das especificações, tem-se um nível de qualidade significativamente melhor. Então, quanto maior o número de sigmas dentro das especificações, melhor o nível de qualidade. A *Tabela **1***, relaciona o número de defeitos por milhão de oportunidades com o nível sigma e a porcentagem do faturamento de uma

organização devido a baixa qualidade. De acordo com Einset e Marzano (2002), a maioria das empresas opera em um nível de qualidade 3 sigma.

Tabela 1 - Classificação do nível sigma

Nível Sigma	Quantidade de defeitos por milhão de oportunidades	Custo da baixa qualidade
1 Sigma	691462	> 25%
2 Sigma	308537	20% a 25%
3 Sigma	66807	15% a 20%
4 Sigma	6210	10% a 15%
5 Sigma	233	5% a 10%
6 Sigma	3,4	< 5%

Fonte: Adaptado de Einset e Marzano (2002)

2.3 Indicadores

Devido a crescente exigência imposta pelo mercado globalizado, as empresas buscam constantemente melhorar suas operações, de modo a atender aos requisitos dos consumidores finais, mantendo sua demanda guarnecida e não dando margem aos concorrentes. Não se pode melhorar aquilo que não se mede, por esse motivo as organizações utilizam indicadores de desempenho para monitorar suas operações. Segundo Kardec e Seixas (2008) através dos indicadores é possível realizar o monitoramento, ao longo do tempo, dos dados e gerir as informações relevantes, permitindo a elaboração de planos de ação a serem executados nos processos e operações para alcançar os resultados desejados. É através da eficiência que os níveis de excelência desses indicadores são medidos e comparados, visando uma forma otimizada de gerenciamento e tomada de decisão.

Segundo Tangen (2003), as medições que trazem indicações dos problemas são usadas para melhorar a qualidade e a produtividade dentro de um sistema produtivo. As medições dão suporte para que os gestores possam tomar decisões corretas a respeito da produção e alocar os recursos ao longo prazo de forma eficiente.

A gestão de indicadores se faz cada vez mais necessária dentro das organizações. Por esse motivo, descobrir o estado atual das operações é fundamental para traçar planos de ações visando a melhoria dos pontos fracos e a manutenção dos pontos fortes. Desta forma, a criação

de parâmetros com o objetivo de comparar ou medir esses indicadores é o ponto chave dentro de uma gestão estratégica.

2.4 *Total Productive Maintenance - TPM*

Ao fim da segunda guerra mundial as empresas japonesas implementavam as técnicas de gestão e produção dos americanos, a fim de sobreviver a crescente pressão que era imposta pelo governo do Japão e suas metas de reconstrução do país. Durante o período da guerra, a manutenção foi sempre deixada em segundo plano, e era praticado apenas a manutenção corretiva, mas no começo da década de 1950 as empresas começaram a adotar os conceitos de manutenção preventiva. Com o passar do tempo a manutenção evoluiu de forma natural, até que em 1971, na empresa de peças automotivas auxiliares Nippondenso, o engenheiro Seiichi Nakajima desenvolveu uma metodologia baseada na ação direta do operador na manutenção do seu equipamento, buscando rapara-lo de forma rápida, aumentando sua disponibilidade e seu aproveitamento, assim surgia o *TPM* (STAMATIS, 2011).

Para Nakajima (1998), o TPM é fundamentado na realização da manutenção produtiva por todos os empregados através de pequenos grupos, onde o conceito de manutenção produtiva trata-se de uma gestão da manutenção que reconhece a importância da confiabilidade, manutenção e eficiência econômica das operações de manufatura.

2.4.1 Indicadores de manutenção

Segundo Pinto (2002), para controlar a manutenção de forma eficiente e eficaz, tornam-se necessário mensurar o desempenho na forma de índices. Os indicadores deverão ser utilizados para indicar os pontos fracos e também para identificar os possíveis problemas que estão causando os resultados adversos. A seguir serão apresentados dois indicadores utilizados para medir a eficiência da manutenção.

2.4.1.1 Downtime

A gestão da manutenção busca, de forma contínua, elevar o tempo de utilização dos equipamentos, por meio da minimização do tempo de inatividade, segundo Katukoori (1995), downtime é a indisponibilidade da operação, causada por problemas que geram descontinuidade ou perda do processo produtivo. A definição do downtime, por parte das organizações, é o

principal aspecto para aquelas que querem ter um sistema de manutenção centrado na confiabilidade de seus sistemas.

Em linhas gerais, o downtime está ligado ao sucesso de uma organização, já que seu descontrole afeta a gestão de custos, a credibilidade junto aos consumidores e a eficiência das operações, já que, um sistema indisponível tem perda de produtividade, capacidade e está impossibilitado de atender as necessidades dos clientes.

2.4.1.2 Mean time between failures

O *Mean time between failures* (MTBF) expressa a frequência que as ocorrências são identificadas em um sistema ou equipamento, em um determinado período de tempo. A equação (1) apresenta a forma de calcular o MTBF, o tempo total de funcionamento, que é o tempo disponível menos o tempo que o equipamento esteve em falha, é dividido pelo número de ocorrências (VERRI,2012).

$$MTBF = \frac{Minutos\ trabalhados - Minutos\ em\ falha}{Número\ de\ ocorrências} \quad (1)$$

2.4.1.3 Mean time to repair

O *Mean time to repair* (MTTR) relata o tempo médio que é gasto para realizar a manutenção em determinado equipamento. A equação (2) apresenta o cálculo do MTTR, onde o tempo total utilizado para o reparo do equipamento é dividido pela quantidade de ocorrências (VERRI, 2012).

$$MTTR = \frac{Tempo\ total\ de\ reparo}{Número\ de\ ocorrências} \quad (2)$$

2.4.1.4 Disponibilidade

Para Verri (2012), a disponibilidade é o indicador mais importante para a manutenção, já que ele caracteriza o objetivo desse conceito, que é maximizar o tempo que o equipamento passa em uso. A equação (3) apresenta o cálculo da disponibilidade, que é uma relação entre o

MTBF e o MTTR, já que a disponibilidade é a probabilidade de um equipamento está apto para uso quando necessário (VERRI, 2012).

$$Disponibilidade = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (3)$$

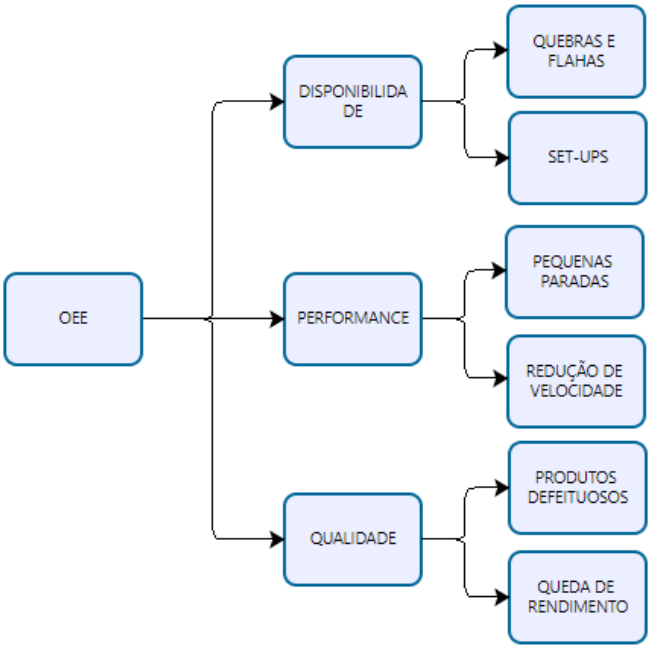
2.4.2 *Overall Equipment Effectiveness* - OEE

O OEE é amplamente usado nas grandes organizações por abranger três aspectos fundamentais em qualquer indústria de manufatura ou prestadora de serviços. Os aspectos abordados pelo OEE são: qualidade, disponibilidade e performance. Segundo Chiaradia (2004) a maximização da eficiência dos equipamentos é alcançada através de atividades quantitativas, aumentando a disponibilidade e melhorando a produtividade das atividades qualitativas, por meio da redução do número de defeitos. O OEE é fundamentado nas seis grandes perdas que estão associadas ao mau funcionamento dos equipamentos:

- 1º perda – Quebras;
- 2º perda – Setups;
- 3º perda – Pequenas paradas;
- 4º perda – Quedas de velocidade;
- 5º perda – Problemas de qualidade e retrabalho;
- 6º perda – Startups;

A *Figura **2*** mostra a relação dos três aspectos que compõem o OEE com as seis grandes perdas.

Figura 2 - Relação dos indicadores com as 6 grandes perdas



Fonte: Adaptado de Chiaradia (2004)

No princípio o OEE foi visto como parte integrante do TPM e foi usado apenas como um sistema de medição, porém, nos dias de hoje, ele é visto como o elo de ligação entre a manutenção, o setor de qualidade e a produção. E mantem os três indicadores em sincronia e trabalhando de forma integrada, esse fato o tornou uma ferramenta singular, que pode ser aplicada independentemente de qualquer filosofia de gerenciamento usada (HANSEN, 2006).

Segundo Nakajima (1989) o OEE é calculado através do produto dos três índices de desempenho: Disponibilidade, Performance e Qualidade. Cada indicador tem sua particularidade e requisitos que devem ser respeitados.

$$OEE = Disponibilidade\ x\ Performance\ x\ Qualidade \quad (4)$$

O indicador de disponibilidade é a relação entre o tempo disponível de produção e as paradas por quebra de máquina e setups.

$$Disponibilidade = \frac{Tempo\ disponível - Tempo\ de\ quebra - Tempo\ de\ setup}{Tempo\ disponivel} \quad (5)$$

Por outro lado, o indicador de performance relaciona o tempo padrão de produção com o tempo real de produção. Ele mostra o fluxo produtivo, as quedas na velocidade e a quebra de ritmo.

$$Performance = \frac{Tempo\ padrão}{Tempo\ real} \quad (6)$$

O indicador de qualidade é mensurado a partir da quantidade total produzida e da quantidade de produtos defeituosos ou refugados.

$$Qualidade = \frac{Total\ produzido - Produtos\ defeituosos - Refugos}{Total\ produzido} \quad (7)$$

2.5 Revisão bibliográfica

Kshatra et al (2020), aplicaram o OEE para medir a eficiência de uma fábrica têxtil na Índia, especializada na fabricação de camisas e camisetas de algodão. A planta é gerenciada de acordo com o sistema puxado de produção, e tinha um gargalo na primeira etapa do seu processo produtivo. Por esse motivo, o estudo foi feito na máquina que foi identificada como o gargalo, pois nesse caso a eficiência total da empresa dependia do funcionamento desse equipamento. O artigo apresenta como resultado um OEE de 69,89% cujo baixo valor é atribuído: ao trabalho contínuo da máquina, que leva a um desgaste excessivo dos seus componentes; a área onde a máquina está localizada, que é frequentemente atingida por fiapos de algodão e que causam engasgos na máquina e, portanto, paradas não programadas são feitas para limpeza e desengasgo da máquina.

Shree et al (2015), utilizaram o OEE para medir a eficiência no processo de fiação de uma célula produtiva semiautomatizada, em uma fábrica têxtil. Após coletar e analisar os dados do processo, identificou-se que o indicador de qualidade atingiu 97% de eficiência, o indicador de performance atingiu 83% e o indicador de disponibilidade atingiu 66%., resultando em um OEE de 51%. Objetivou-se aumentar o OEE por meio da melhoria dos índices de disponibilidade e performance cuja estratégia adotada para aumentar a eficiência do indicador de disponibilidade consistiu em agendar manutenções periódicas no cronograma da empresa, tomando como base as heurísticas *minimax* e *maxmin* para criar um plano de manutenção preventiva. A estratégia adotada para aumentar o indicador de performance foi a redução na perda de velocidade associada a gargalos e paradas não programadas frequentes.

Daniel Gamboa (2017), combinou o OEE a ferramentas *como Single Minute Exchange of Die* (SMED), Análise do Fluxo de Valor e Planejamento da produção puxado e empurrado para medir o nível de serviço em uma industrial têxtil. Através da análise do fluxo de valor identificou-se as oportunidades de melhoria e os pontos a serem trabalhados; o OEE foi utilizado para apresentar o nível de ocupação das máquinas e identificar a criticidade de cada uma; o SMED foi aplicado nos equipamentos com maior nível de criticidades e o Planejamento puxado e empurrado foi aplicado com objetivo de cumprir os prazos estabelecidos entre o setor comercial e o cliente, além de melhorar o fluxo. Os resultados obtidos nesse estudo foram o aumento de 17,14% e 56% na taxa de ocupação dos dois equipamentos identificados como críticos, redução de 45,79% no tempo de parada para limpeza das máquinas com alto grau de criticidade e o *lead time* de alguns setores, da empresa alvo do estudo, foram reduzidos em até 44,1%.

Kukla (2016), utilizou a simulação computacional combinada a abordagem do OEE com o objetivo de otimizar o processo de fundição em uma indústria automotiva. O trabalho analisou a etapa de pós-acabamento das peças fundidas, que consiste em três unidades retificadoras e uma esteira de transporte. Após carregar todas as simulações, ficou claro o grande número de ações sem valor agregado e a grande quantidade de tempo sem fornecimento. Dessa forma, ao atuar sobre os pontos identificados, foi possível reduzir o custo de mão de obra em 32%. As mudanças sugeridas pelas simulações impactaram diretamente no desempenho do OEE que passou de 79,71% para 90,34%, com destaque para o indicador de disponibilidade que passou de 90,04% para 96,89%.

Kumar, Varambally e Rodrigues (2012), aplicaram o OEE em uma empresa de manufatura, com o objetivo de identificar os motivos da queda de eficiência. O estudo foi desenvolvido no maquinário considerado como gargalo. Os dados foram coletados ao longo de 10 turnos de funcionamento das máquinas, no qual o foco da análise foi identificar qual porcentagem do tempo era verdadeiramente produtivo e quais os motivos da queda de produtividade. As máquinas analisadas são usadas com frequências diferentes, o que ocasionava ociosidade das máquinas menos utilizadas e a necessidade de paradas para manutenção programada e limpeza nas máquinas mais utilizadas. Outro aspecto que causa grande impacto é o número de setups realizados. Após as análises, descobriu-se que o OEE variava entre 15% e 60%, onde as máquinas com maior grau de utilização obtiveram os índices mais baixos de OEE e, por outro lado, as máquinas com menor grau de utilização obtiveram os índices mais altos de OEE.

Shahin e Isfahani (2015), estimaram a eficiência de uma linha produtiva contínua, em uma companhia de aço, através do OEE. A companhia onde o estudo foi desenvolvido está no mercado há 46 anos e iniciou suas atividades com 50 funcionários em 1975 e ultrapassou 15.000 funcionários em 2015. O principal processo realizado na empresa é o derretimento e modelagem de metais, transformando a matéria prima em diversos produtos diferentes. De modo a atingir um resultado mais assertivo, houve uma combinação de metodologias, onde, a fórmula para mensurar o número de máquinas necessárias em uma linha produtiva contínua, foi agregada ao cálculo do OEE. Ao analisar os dados, descobriu-se que a eficiência varia de acordo com a estação do ano, atingindo seu valo máximo no verão e seu valor mínimo no inverno. Também comparou a eficiência medida pelo OEE com a eficiência medida pela abordagem combinada, que identificou no inverno eficiência do OEE de 52,60% contra 56,70% da metodologia combinada. Já no verão, a eficiência do OEE foi de 53,10% e a da metodologia combinada foi de 69,4%. Por fim, concluiu-se que a possibilidade de agregar novas abordagens e metodologias ao OEE deixa a ferramenta mais flexível e assertiva, uma vez, que essas mudanças fazem com que o OEE compreenda ainda mais o ambiente no qual está aplicado.

Tendo em vista as melhorias evidenciadas nesses trabalhos, tanto em indústrias do ramo têxtil, como no foco deste trabalho, como em outros setores, é evidenciado o benefício de estudo do OEE como medida de eficiência de linhas ou células de produção.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado através de uma pesquisa de caráter exploratório, pois busca entender e solucionar os problemas existentes dentro de um contexto produtivo, seguido de um estudo de caso que retrata uma situação real e descreve as variáveis causais do problema de uma célula piloto de análise.

O estudo foi desenvolvido ao longo de 4 etapas: no primeiro momento, realizou-se uma pesquisa bibliográfica em artigos e livros dos principais autores da área. Durante essa etapa verificaram-se os dados que necessitariam de coleta para realizar a pesquisa.

Na segunda etapa, ocorreram as coletas de dados nos setores de produção, qualidade e manutenção, de forma a atender todos os aspectos exigidos pela ferramenta OEE. As informações foram reunidas através de planilhas que eram alimentadas diariamente pelos funcionários responsáveis por cada setor citado anteriormente, os dados foram coletados durante nove meses com periodicidade semanal, ou seja, os materiais de coleta eram entregues no início da semana e devolvidos ao final da mesma semana. A principal dificuldade, na coleta

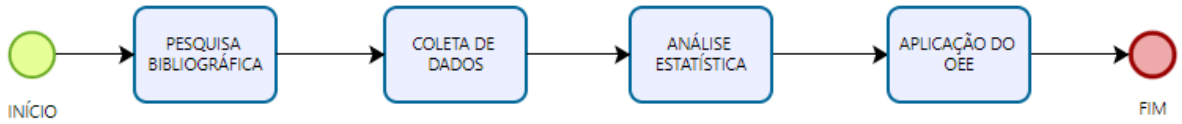
dos dados, foi a resistência por parte de alguns colaboradores, já que, no começo, eles lidaram como um excesso de carga de trabalho.

Na terceira etapa, os dados coletados no segundo momento foram estruturados e, a partir destes, realizaram-se as análises estatísticas, no qual cada indicador que compõe a ferramenta OEE foi tratado de forma individual. Ao longo dessa etapa, evidenciaram-se os fatores que influenciaram os indicadores de qualidade, desempenho e performance, bem como a mensuração da eficiência de cada um dos indicadores.

Uma vez obtidos estes indicadores, é possível iniciar a quarta etapa do estudo que consiste na aplicação da ferramenta OEE e na análise do seu resultado. Por fim, a célula piloto foi classificada de acordo com a eficiência do OEE.

Os fluxogramas utilizados nesse trabalho, foram criados a partir do softwere Bizagi Modeler, as tabelas, gráficos e cálculos foram desenvolvidos por meio do Microsoft Excel 2019.

Figura 3 - Fluxograma das etapas da pesquisa



Fonte: O autor (2021)

4 ESTUDO DE CASO

4.1 Descrição da empresa

O trabalho foi realizado em uma empresa de médio porte, localizada em Caruaru no agreste de Pernambuco. A empresa atua no ramo de confecção há 30 anos e tem como principal atividade a produção de fardamentos, cujos produtos fabricados atendem a clientes de todo o Brasil, que vão desde escolas da região até grandes indústrias automotivas.

A empresa é composta por aproximadamente 150 funcionários que estão divididos em 16 setores: administrativo, almoxarifado, comercial, compras, corte, criação, engenharia, logística, financeiro, planejamento e controle da produção, preparação, produção, recursos humanos, separação, qualidade e estamparia. A maioria dos funcionários está no chão de fábrica, alocados no setor produtivo ou em setores que apoiam diretamente a produção (corte,

separação, almoxarifado e etc). Uma pequena fração do número de funcionários está nos setores de gerenciamento (PCP, RH, engenharia e etc) e todos os setores trabalham de forma integrada para atender todas as necessidades da empresa.

A operação da empresa conta com 236 máquinas que estão distribuídas em 11 células produtivas. Cada célula atua de forma independente e tem suas próprias características, necessidades e especificações. Existem células que operam com apenas um tipo de produto, com demanda constante ou com pouca variação, caracterizado pelo modelo empurrado de produção. Por outro lado, existem células que usam o modelo puxado, com grande mix de produtos e demanda variável. A empresa se diferencia dos seus concorrentes pela alta qualidade e pelo preço competitivo de seus produtos.

4.2 Descrição do cenário atual da empresa

Devido ao contexto de instabilidade econômica que o país apresentou nos últimos anos, a empresa vem enfrentando grandes incertezas que afetam diretamente o desempenho das suas operações. Buscando manter-se competitiva, a empresa reformulou seu quadro de fornecedores, tentando manter a relação entre o custo e a qualidade dos produtos sem afetar a experiencia do consumidor final. A troca dos fornecedores afetou diretamente a qualidade das peças, uma vez, que eles não demonstram padronização e a matéria prima apresenta alta variação nas especificações de gramatura, encolhimento, torção e tintura, causando elevação no custo unitário da peça e o aumento no número de defeitos associados a qualidade da matéria prima.

Cada cliente que a empresa atende tem necessidade de um produto único com diferente grau de complexidade e quantidade a ser produzida, constituindo, portanto, características que afetam diretamente o desempenho produtivo. A personalização gerada pelos requisitos de cada cliente impacta a performance da célula produtiva de forma que cada ordem de produção que chega ao chão de fábrica é um novo produto com novas especificações, ocasionando assim, uma interrupção no ritmo de produção.

Atualmente a empresa não conta com um plano de manutenção definido, apenas atua nas falhas que ocorrem durante o processo produtivo, reduzindo a disponibilidade das máquinas. Outro fator que contribui para a redução da disponibilidade é o grande mix de produtos, que precisam de preparação e de setups para serem processados. A incerteza aumenta pela falta de ressuprimento do estoque de manutenção, nos quais, as máquinas ficam paradas até que as peças sejam compradas. Em casos mais extremos, as máquinas quebradas vão sendo

sucateadas pela retirada de peças para o reparo de outras demandas, até o ponto onde o custo de manutenção é inviável e um novo equipamento precisa ser comprado.

Devido as incertezas externas e internas já citadas anteriormente, surgiu a necessidade de medir e acompanhar o desempenho das células produtivas da fábrica, a fim de mensurar o impacto que cada uma das adversidades tem no processo produtivo e criar um plano de melhoria. A princípio o estudo foi feito em uma célula piloto, antes de expandir para a toda a fábrica, com o intuito de evitar erros e analisar os resultados.

4.3 Descrição da célula piloto

A célula piloto, alvo desse trabalho, tem como característica o grande mix de produtos e a alta variabilidade da demanda, como mostra a Tabela 2, que indica a quantidade de tipos de produtos processados na célula e a quantidade produzida, entre os meses de janeiro e setembro do corrente ano. Cada célula conta com nove operadores, todos polivalentes e experientes, capazes de operar qualquer uma das 12 máquinas que a compõe.

Tabela 2 - Mix de Produtos nos meses de janeiro a setembro de 2021

Mês	Tipos de produtos	Quantidade produzida
Janeiro	27	10.545
Fevereiro	51	3.629
Março	52	7.846
Abril	62	6.475
Maio	39	2.836
Junho	61	5.637
Julho	16	4.036
Agosto	36	6.306
Setembro	39	5.546
Total	**383**	**52.856**

Fonte**:** O Autor (2021)

4.4 Indicador de qualidade

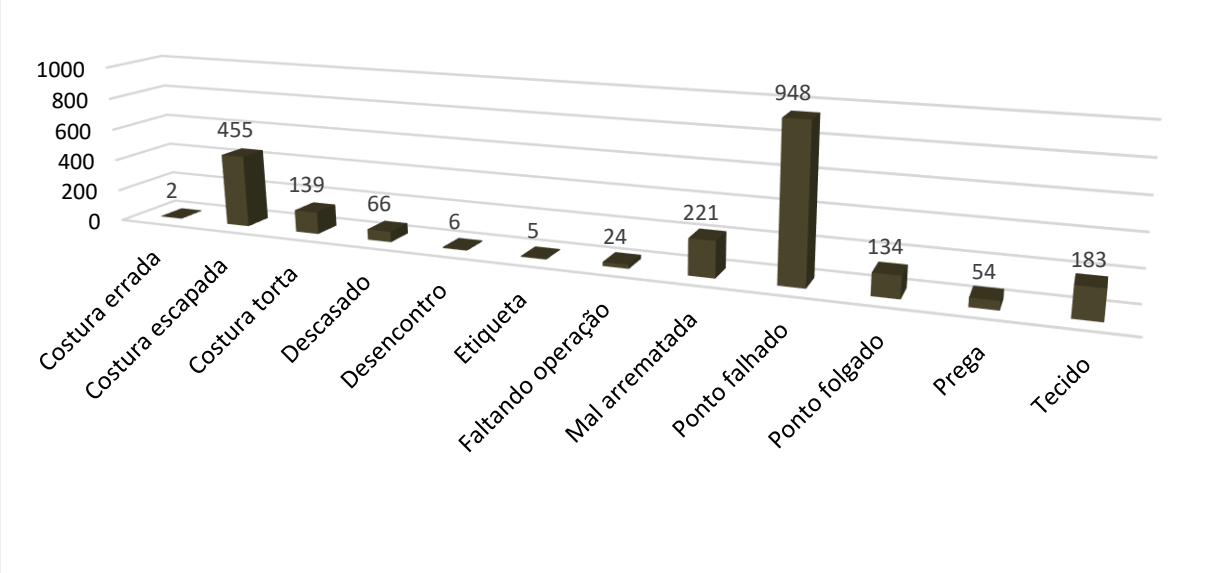
O maior desafio da empresa em questão é entregar seus produtos com alto padrão de qualidade e manter seu preço competitivo. Para atingir seus objetivos a organização difundiu

na cultura dos seus funcionários a busca constante pela conformidade de seus produtos, tornando a qualidade seu principal objetivo de melhoria de desempenho. Para atender as necessidades do cliente, deve-se exigir alto grau de performance das suas operações, refletindo diretamente nas etapas do processo produtivo, minimizando o número de defeitos, refugos e retrabalho. Dessa forma surgiu a necessidade de medir e quantificar o índice de qualidade da fábrica.

Atualmente a empresa revisa 100% das peças produzidas, cujo número de revisores em cada célula depende do volume de produção. Apesar da revisão ser feita em todo o lote produzido, não se tem garantido que as peças sejam entregues ao cliente em estado perfeito. Em vista disso, foi criada uma célula piloto para identificar os problemas e posterior análises.

A célula piloto conta com dois revisores que revisam as peças e mensuram os números de não conformidades em um sistema de apontamento desenvolvido para este fim. Cada revisor recebe uma planilha (apêndice A) com os possíveis defeitos e os locais da peça produzida em que eles podem ocorrer, além da a natureza dos defeitos. O Gráfico 1 mostra a quantidade e o tipo de defeitos que ocorreram entre janeiro e setembro de 2021.

Gráfico 1 - Quantidade dos tipos de defeitos encontrados entre janeiro e setembro

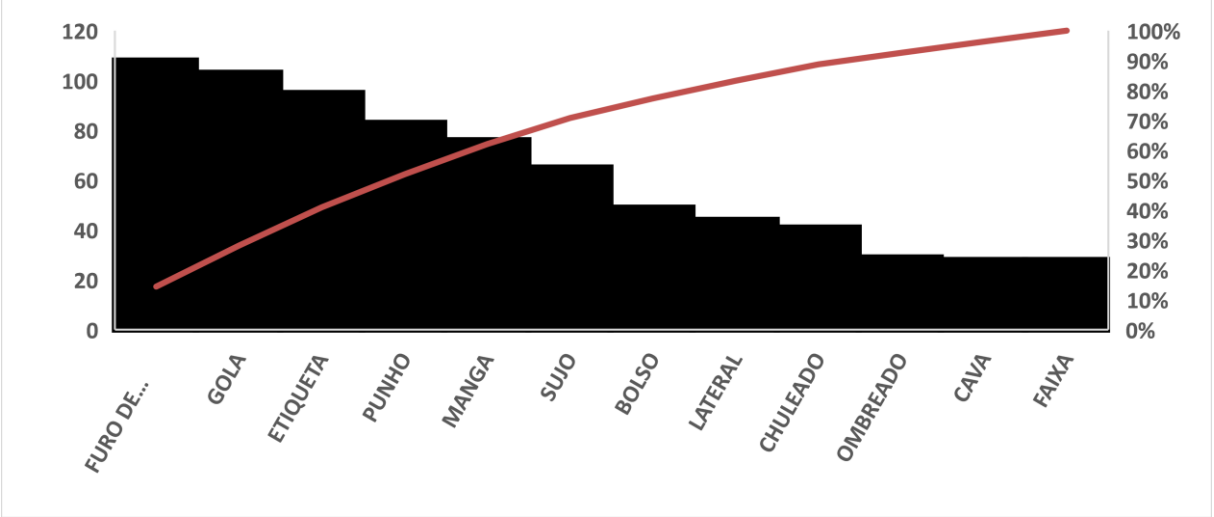


Fonte: O Autor (2021)

Observando o Gráfico 1, pode-se ver que entre janeiro e setembro, a emprese teve um total de 2237 defeitos, dentre eles os que mais ocorreram foram ponto falhado com 948 ocorrências e costura escapada com 455 ocorrências. O *Gráfico **2*** representa o percentual que

cada defeito tem em relação ao total. A partir dele, nota-se que as ocorrências ponto falhado e costura escapada representam 62,72% do total de defeitos encontrados.

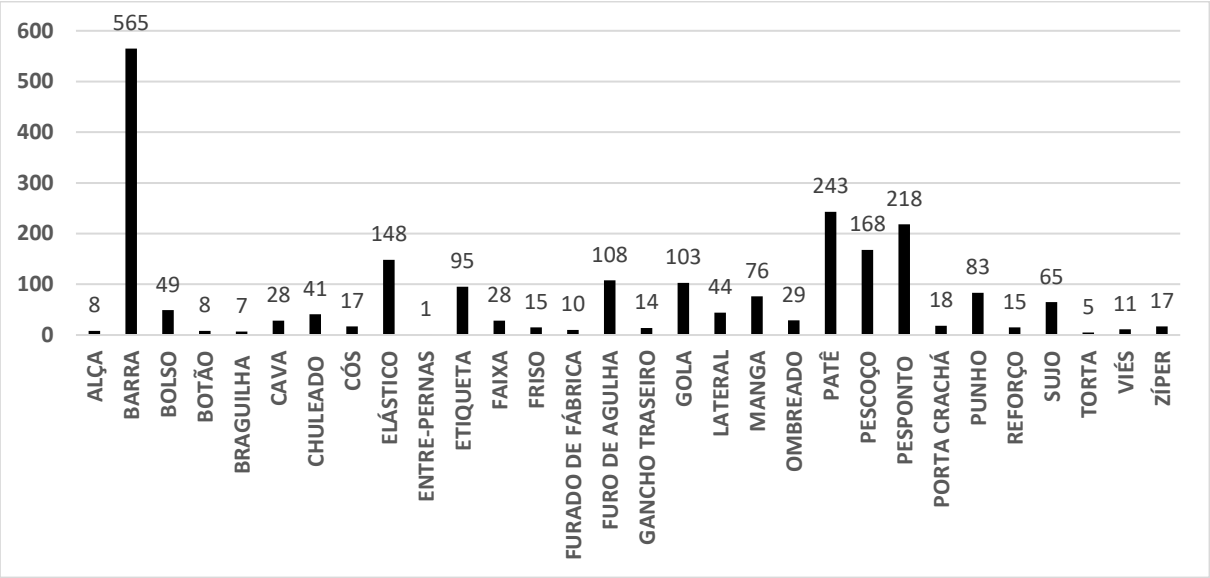
Gráfico 2 - Gráfico de Pareto da quantidade de defeitos encontrada



Fonte: O Autor (2021)

Além de identificar quais os tipos de defeitos que aconteceram, a planilha de apontamento de defeitos (apêndice A), também identifica os locais onde são encontradas as ocorrências. Segundo os dados coletados é possível que um defeito ocorra em até 30 lugares diferentes, possibilitando a identificação e mensuração da quantidade de não conformidades que aconteceram através do *Gráfico **3***.

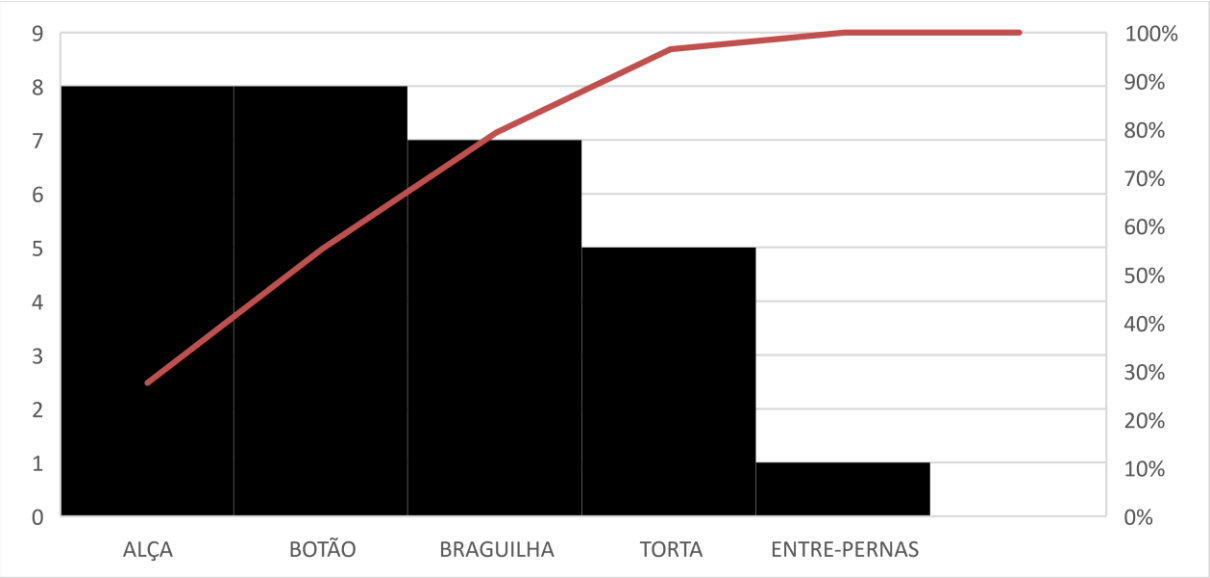
Gráfico 3 - Quantidade de defeitos por localidade



Fonte**:** O Autor (2021)

De acordo com *Gráfico **3***, é possível perceber que 565 ocorrências estão localizadas na barra e que apenas uma ocorrência foi encontrada nos entrepernas. Por outro lado, o patê e o pesponto têm alta relevância, somados os defeitos encontrados nas duas localidades aproximam-se dos defeitos encontrados na barra. De forma geral, a disparidade entre a quantidade de defeitos encontrada em cada localidade é devida a complexidade das operações, propriedade da matéria prima e local onde a atividade é executada. O *Gráfico **4*** mostra a quantidade de defeitos por localidade e apresenta uma visão geral dos locais onde mais acontecem erros e os percentuais que esses erros representam.

Gráfico 4 - Pareto da quantidade de defeitos por localidade



Fonte: O Autor (2021)

Diferente do *Gráfico **2***, que mostra os defeitos e suas quantidades, onde dois aspectos representam 62,72% do total de ocorrências, no gráfico de Pareto que mostra a quantidade de defeitos por localidade, são necessários os locais da peça barra, patê, pesponto, pescoço e elástico para ultrapassar 50% do total de defeitos encontrados.

Durante a revisão dos produtos acabados, as peças encontradas com defeito são avaliadas e classificadas e dois aspectos são levados em consideração para definir a classificação: os recursos e os esforços necessários para recuperar a peça. Baseado nesses dois fatores um funcionário toma a decisão de rejeitar a peça ou enviar para retrabalho.

Apesar de existir produtos não conformes, entre os meses de janeiro e setembro, não houve produtos rejeitados pela revisão da célula piloto. Deste modo, conclui-se que os defeitos encontrados não comprometeram a integridade do produto, de forma que fosse mais viável para a empresa o descarte que o retrabalho.

É possível ver através da *Tabela **3***, que ao longo do ano a célula sofre com alta variabilidade da demanda, chegando ao maior valor em janeiro com 10.545 produtos produzidos e ao menor valor em maio com 2.836 produtos produzidos. Porém, devido a diferença de complexidade entre os produtos que são processados, os meses com a maior quantidade de produtos não conformes encontrados são março e abril, com 467 e 423 produtos não conformes respectivamente.

Tabela 3 - Quantidade de produtos não conformes entre os meses de janeiro e setembro

Mês	Quantidade produzida	Produtos não conformes	Porcentagem de defeitos
Janeiro	10.545	170	1,61%
Fevereiro	3.629	394	10,86%
Março	7.846	467	5,95%
Abril	6.475	423	6,53%
Maio	2.836	282	9,94%
Junho	5.637	177	3,14%
Julho	4.036	63	1,56%
Agosto	6.306	50	0,79%
Setembro	5.546	211	3,80%
Total	**52.856**	**2.237**	**4,23%**

Fonte: O Autor (2021)

Outra informação relevante que a *Tabela **3*** traz é a quantidade total que foi produzida entre os meses de janeiro e setembro, assim como, o total de produtos não conformes. Deste modo, é possível mensurar a eficiência da célula e quantificar o indicador de qualidade, conforme Equação (7).

$$Eficiência\ do\ indicador\ de\ qualidade = 95{,}77\%$$

4.5 Indicador de performance

Sobreviver a crescente pressão por parte dos concorrentes, que buscam obter novas fatias do mercado, é uma tarefa árdua que as organizações enfrentam diariamente. Dessa forma, as empresas buscam métodos e formas para não perderem espaço, por meio da gestão estratégica da produção a fim de gerir de forma estratégica e utilizar todos os recursos da operação para a obtenção dos aspectos competitivos.

Conhecer a capacidade produtiva das suas operações é o primeiro passo para gerenciar seus recursos de forma eficiente e eficaz, tornando-se fundamental para o planejamento e controle da produção. Ressalta-se que toda vez que uma empresa deixa uma demanda sem atendimento, ela abre margem para o concorrente, podendo perder a preferência do cliente, bem como reduzir a confiança deste na capacidade de atendimentos futuros.

Atualmente, a empresa realiza cronoanálise dos tempos de produção para cada produto processado nas células produtivas. Através dessa análise, as etapas do processo produtivo são cronometradas e o tempo padrão de cada produto é obtido. Na *Tabela **4*** é apresentado um

exemplo das operações de um produto feito na célula piloto com seus tempos de operação e ao final o tempo padrão. Ao fim do processo produtivo obtém-se o tempo real de produção. Na *Tabela **5***, calculamos o tempo real de produção de três produtos, os tempos reais unitários são obtidos dividindo o tempo real de produção pela quantidade de peças produzidas. E por meio dos tempos reais unitários e os tempos padrões é possível calcular a eficiência de cada produto. A *Tabela **6*** mostra a eficiência dos mesmos três produtos usados na *Tabela **5***, para calcular a eficiência é preciso dividir o tempo padrão pelo tempo real.

Tabela 4 - Operações e tempo padrão de um produto genérico

Operações	Tempo
Pregar etiqueta	26,61
1º Ombro	17,32
Pregar ribana	20,23
2º Ombro	19,92
Pregar mangas	44,80
Fechar laterais	51,95
Fazer barra da blusa	78,87
Tempo padrão	259,7

Fonte: O Autor (2021)

Tabela 5 - Tempo real unitário e tempo real produzido

Produto	Quantidade	Tempo real	Tempo real unitário
A1	54	670,14	12,41
A2	120	2.589,60	21,58
A3	427	2.425,36	5,68

Fonte: Autor (2021)

Tabela 6 - Eficiência baseada no tempo padrão e no tempo real

Produto	Quantidade	Tempo padrão	Tempo real unitário	Eficiência
A1	54	8,238	12,41	66,38%
A2	120	15,500	21,58	71,83%
A3	427	5,453	5,68	96,00%

Fonte: Autor (2021)

.

O indicador de performance da célula piloto é mensurado pela relação entre os tempos padrões totais e os tempos reais de produção totais. Pode-se verificar a eficiência mensal na *Tabela **7***, em seguida definida eficiência do indicador de Performance pela equação (6).

Tabela 7 - Eficiência entre janeiro e setembro

Meses	**Quantidade de produtos**	**Quantidade produzida**	**Tempo padrão total**	**Tempo real total**	**Eficiência**
Janeiro	27	10.545	27.301,803	32.487,856	84,04%
Fevereiro	51	3.629	30.332,378	43.461,880	69,79%
Março	52	7.846	55.393,666	69.861,270	79,29%
Abril	62	6.475	30.721,931	45.836,480	67,03%
Maio	39	2.836	27.811,386	35.726,319	77,85%
Junho	61	5.637	45.711,521	49.195,952	92,92%
Julho	16	4.036	11.799,305	15.280,778	77,22%
Agosto	36	6.306	33.207,905	37.384,856	88,83%
Setembro	36	5.546	37.440,578	41.723,040	89,74%
Total			**299.720,473**	**370.958,431**	

Fonte: O Autor (2021)

$$Eficiência\ do\ indicador\ de\ performance\ =\ 80{,}80\%$$

4.6 Indicador de disponibilidade

Reduzir os custos é uma das formas que as organizações, de modo geral, objetivam como meio para se manterem vivas dentro do ambiente competitivo globalizado. Existem muitos aspectos ligados a redução de custos, porém, um dos mais recorrentes são os custos ligado a manutenção. Desse modo, se faz necessário ter uma gestão de manutenção para a consolidação de uma empresa, ou seja, precisa estar integrada com todas as áreas.

A cultura da empresa, onde esse estudo foi realizado, é de apenas realizar manutenção corretiva, não possuindo políticas de manutenção preventiva. A equipe de manutenção conta com dois mecânicos que atuam nas células sempre que uma falha for detectada. Para monitorar as atividades dos mecânicos, assim como para juntar dados, uma planilha (apêndice B) foi implementada para ser preenchida sempre que uma ocorrência acontecer. A empresa define como downtime o tempo que o equipamento passa indisponível, ou seja, o intervalo de tempo desde que a falha é detectada até o momento da finalização do reparo, na *Tabela **8*** é possível

identificar a quantidade de ocorrências entre os meses de janeiro e setembro, bem como o tempo de falha de cada mês e o tempo de reparo.

Tabela 8 - Quantidade de ocorrências e tempos de falha e reparo

Mês	Número de ocorrências	Tempo de Falha	Tempo de reparo
Janeiro	4	3:03:00	3:03:00
Fevereiro	11	8:23:00	8:23:00
Março	12	8:03:00	5:43:00
Abril	5	7:51:00	1:55:00
Maio	6	25:06:00	2:22:00
Junho	10	8:22:00	2:53:00
Julho	13	8:55:00	4:29:00
Agosto	7	5:21:00	1:51:00
Setembro	9	4:43:00	3:33:00
Total	**77**	**79:47:00**	**34:12:00**

Fonte: O Autor (2021)

Através da planilha de monitoramento (apêndice B) é possível encontrar alguns indicadores de manutenção como MTBF (1), MTTR (2) e disponibilidade (3). Cada indicador citado impacta de forma direta nas decisões ligadas a manutenção, como por exemplo, qual célula ou equipamento deverá ser priorizado pela equipe de manutenção. A *Tabela **9*** apresenta os indicadores de manutenção ao longo dos meses entre janeiro e setembro.

Tabela 9 - Indicadores de manutenção entre os meses de janeiro e setembro

Mês	MTBF	MTTR	Disponibilidade
Janeiro	43,25	0,75	98,30%
Fevereiro	13,73	0,82	94,38%
Março	13,67	0,67	95,35%
Abril	32,80	1,60	95,35%
Maio	5,88	4,17	58,53%
Junho	16,30	0,80	95,32%
Julho	12,54	0,69	94,77%
Agosto	23,71	0,71	97,08%
Setembro	18,56	0,56	97,09%

Fonte: O Autor (2021)

Como visto na *Figura **2*** um dos principais aspectos que afetam o indicador de disponibilidade do OEE é o número de setups realizados, os encarregados de cada célula

recebem uma planilha de acompanhamento, onde descrevem a utilização do tempo de cada operador. Dentro do detalhamento feito, ao preencher a planilha, os encarregados discriminam o tempo que os operadores gastam com setup, dessa forma foi medido o tempo de setup realizado a cada mês. Todos os setups realizados na célula são setups internos, ou seja, as máquinas permanecem completamente paradas. A *Tabela **10*** mostra o tempo que foi gasto com setup, em minutos, entre os meses de janeiro a setembro.

Tabela 10 - Tempos de setup em minutos

Mês	**Tempo de setup**
Janeiro	486,0
Fevereiro	688,5
Março	936,0
Abril	1.674,0
Maio	702,0
Junho	1.647,0
Julho	216,0
Agosto	648,0
Setembro	702,0
Total	7.699,5

Fonte: O Autor (2021)

Para calcular o indicador de disponibilidade primeiramente é necessário obter o tempo disponível para a produção. Para estimar o tempo disponível, basta multiplicar o regime semanal de trabalho pelo número de semanas decorridas no ano e em seguida multiplicar por 60 para converter esse tempo em minutos. A empresa onde esse trabalho foi realizado trabalha em um regime semanal de 44 horas e entre janeiro e setembro decorreram 39 semanas logo:

$$Tempo\ total\ disponível\ =\ 102.960\ minutos$$

A partir do tempo total disponível, é possível calcular o indicador de disponibilidade. O cálculo é feito através da relação entre o tempo total disponível deduzido do tempo de falha em minutos e do tempo de setups em minutos com o tempo total disponível, como visto na equação (5).

$$Eficiencia\ do\ indicador\ de\ disponibilidade\ =\ 87{,}87\%$$

4.7 Análise de resultados

Através dos indicadores que dão base ao OEE tem-se uma visão do cenário atual da empresa. O indicador de qualidade atingiu um nível alto de desempenho, com 95,77% de eficiência demonstrando um desempenho satisfatório, devido a cultura da empresa e o alinhamento seguido pela diretoria, que busca sempre se diferenciar dos seus concorrentes pela qualidade de seus produtos.

Baseado na metodologia six sigma, a eficiência de 95,77% do indicador de qualidade, representa 42.322 defeitos por um milhão de oportunidades, sobre o qual através da *Tabela **1***, podem-se classificar a célula piloto como nível 3 sigma, sendo o nível em que a maioria das indústrias operam. E segundo Einset e Marzano (2002), indica que as organizações classificadas como nível sigma 3, tem entre 15% e 20% do seu faturamento gastos em fatores ligados a qualidade, como por exemplo retrabalhos e gastos com supervisão constante.

As grandes empresas de classe mundial têm disponibilidade acima de 90% (Tales, 2019), mas valores de disponibilidade acima de 80% são considerados bons. O indicador de disponibilidade da célula é de 87,87%, e está classificado como bom. O maior impacto no indicador de disponibilidade foi o grande número de setups realizados. Por esse motivo há margem para melhoria e é possível aumentar este indicador.

O excessivo uso da manutenção corretiva acaba abusando da integridade dos equipamentos que compõem a célula, diminuindo sua vida útil e aumentando os gastos associados aos reparos dos equipamentos. Além disso de forma direta, afetando a evolução dos outros indicadores, assim como, impactando no aumento dos custos apropriados aos produtos processados na célula.

Alta variedade de produtos que entram na linha de produção e a variabilidade da demanda desses mesmos itens afeta diretamente a eficiência do indicador de performance, uma vez que são necessárias uma grande quantidade de setups. Outro impacto direto do grande mix de produtos é a quebra constante do ritmo de aprendizagem dos operadores que dificilmente se estabiliza individualmente.

A incerteza atrelada à variação da performance ao longo dos meses, reflete em aspectos produtivos como o tempo de clico, *takt time* e *lead time*. A variação no tempo de ciclo pode criar gargalos nas operações mais complexas e afetar diretamente as decisões ligadas a capacidade da célula. O *takt time* é afetado devido a variação no ritmo produtivo e esse aumento gera atrasos na produção. Em decorrência disso, o *lead time* também aumenta e, por sua, gera atrasos nas entregas dos produtos acabados influenciando na satisfação do cliente.

Com base nos resultados obtidos nos três indicadores é possível calcular a eficiência da célula por meio do OEE. Como já visto anteriormente, *Overall Equipment Effectiveness* é calculado através da multiplicação dos indicadores de disponibilidade, qualidade e performance, conforme equação (4):

$$OEE = 67{,}99\%$$

Dessa forma, o OEE encontrado representa a eficiência da célula piloto, que nesse caso foi de 67,99%. De acordo com a *Tabela **11***, que especifica a classificação do OEE de acordo com seu resultado. A partir dela, verifica-se que a célula estudada teve uma classificação apenas razoável. Sistemas classificados como razoável, precisam passar por um processo de melhoria para aumentar seu resultado. É comum em processos com essa classificação a perda considerável devido a retrabalhos, paradas não planejadas e quebras constate de ritmo.

Tabela 11 - Classificação do OEE

Resultado	Classificação
OEE < 65%	Inaceitável
65% < OEE < 75%	Razoável
75% < OEE < 85%	Aceitável
85% < OEE <95%	Bom
OEE > 95%	Excelente

Fonte: Verri (2015)

Apesar da célula ter atingido um alto valor no indicador de qualidade, esse não foi suficiente para suprir a deficiência nos outros dois aspectos. Porém esse resultado aponta para onde os recursos devem ser empregados e acima de tudo para onde as melhorias devem ser feitas.

Acrescenta-se que os três indicadores estão ligados de forma intrínseca, o que implica dizer que a mudança, seja ela positiva ou negativa, de um deles afeta os outros. Então é imprescindível dizer que os planos de melhoria devem ser traçados de modo abrangente. Desta forma, não contemplar um dos indicadores pode comprometer os resultados esperados, fazendo com que recursos sejam desperdiçados. Assim, é certo dizer, que a eficiência da célula piloto

depende da harmonia e do funcionando dos três indicadores. Que de forma integrada, contribuem igualmente, para mensurar o indicador de eficiência global de equipamentos.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O indicador de qualidade, de forma individual, atingiu um alto desempenho, porém algumas ações podem melhorar ainda mais sua eficiência. Como mostrado no *Gráfico **2***, 62,72% dos defeitos encontrados estão associados a duas ocorrências, ponto falhado e costura escapada. Para a redução destes pode-se aplicar um dos princípios do TPM, onde cada operador é capaz de fazer o reparo da sua própria máquina. Para esta célula, sugere-se que a regulagem e o ajuste do ponto sejam feitos quando o operador identificar qualquer alteração, sem precisar acionar a equipe de manutenção. Como a costura escapada é uma ocorrência ligada a habilidade do operador, sugere-se que este problema possa ser contornado se houver um acompanhamento por parte da equipe de gerenciamento de processos, a por meio de capacitação a fim de instruir e orientar os operadores sobre os detalhes e as nuances da operação.

Implementando as duas práticas, citadas anteriormente, pode-se reduzir o número de defeitos associados as duas ocorrências, aplicando a equação (7) sem contabilizar as ocorrências de ponto falhado e costura escapada, é possível que o indicador de qualidade tenha um aumento na eficiência de até 2,65%, podendo chegar a 98,42%. A decisão sobre a reformulação da carteira de fornecedores tem impacto sobre o indicador de qualidade, pois existem defeitos que estão associados a qualidade da matéria-prima, ou seja, o capital que se visa poupar na compra de insumos mais baratos é perdido, muitas vezes em proporções maiores, nos retrabalhos e no consumo das peças, fazendo-se necessário reestruturar a carteira de fornecedores.

Analisando-se as seis grandes perdas, percebe-se que dentro do contexto apresentado nesse trabalho, o maior impacto sobre o indicador de performance é a queda constante no ritmo de produção, gerada pela diferença de complexidade entre os produtos que compõem o mix. Baseado no que já foi visto, recomenda-se uma nova organização para o plano mestre da produção, colocando-se produtos com operações semelhante e grau de complexidade equivalente para serem produzidos de forma subsequente, desta forma, espera-se a diminuição da quebra de ritmo de produção e das pequenas paradas que são feitas para instruir os operadores.

Para aumentar a eficiência do indicador de disponibilidade, recomenda-se a implementação de um plano de manutenção baseado em três aspectos: inspeção, manutenção preventiva e manutenção preventiva programada, com o objetivo de reduzir a quantidade de

ocorrências para a correção de máquinas quebradas. Usando-se da experiencia da equipe de manutenção e de dados coletados ao longo do tempo, é possível traçar paradas programadas para a substituição de peças que estão próximas da inutilização ou quebra, reduzindo o tempo total de máquina parada e o tempo médio de reparo, além de aumentar a disponibilidade dos equipamentos.

Os setups que são feitos de forma frequente afetam, negativamente, o desempenho do indicador de disponibilidade. Para atenuar essa adversidade é necessário investir em maquinário de apoio, para que os setups sejam feitos de forma paralela a produção, não interrompendo o fluxo produtivo.

O trabalho abordou a utilização do indicador de eficiência global de equipamentos como forma de medir o desempenho de uma célula piloto, para no futuro replicar o estudo para as demais células da empresa. O desenvolvimento deste trabalho identificou a realidade das operações da organização e evidenciou os aspectos que influenciavam o processo produtivo, assim como, destacou os pontos que precisam de melhoria. Também fez parte dos objetivos deste trabalho descrever, analisar e classificar os dados e os resultados obtidos, como forma de avaliar a situação vivenciada pela empresa.

A forma que a qualidade está disseminada na cultura da empresa, mostrou-se um aspecto positivo e eficaz, já que o indicador de qualidade foi o que atingiu o mais alto nível de eficiência. O OEE da célula piloto teve um índice de 67,99% e foi classificado apenas como razoável, apesar disso, nenhum indicador teve um desempenho inferior a 80% de eficiência. Este fato mostra que há margem para melhoria e que é possível atingir níveis semelhantes aos das empresas de classe mundial, porém, é necessário investimento e a mudança de alguns hábitos, para que a melhoria seja consistente e os ganhos reais.

REFERÊNCIAS

SHINGO, Shigeo. O Sistema Toyota de Produção. Do ponto de vista da engenharia de produção. Porto Alegre: Bookman, 1996.

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

SHARMA, A. K.; SHUDHANSHU; DHARDWAJ, A. Manufacturing performance and evolution of TPM. International Journal of Engineering Science and Technology, v. 4, n. 3, 2012.

HANSEN, R. Eficiência Global dos Equipamentos: uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para aumento dos lucros. Tradução Altair Flamarion Klippel. Porto Alegre: Bookman, 2006.

WOMACK, James.P; JONES, Daniel.T; ROOS, Daniel. A Máquina que Mudou o Mundo. 5 ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1992.

GODINHO FILHO, M.; FERNANDES, F. C. F. Manufatura Enxuta: Uma Revisão que Classifica e Analisa os Trabalho Apontando Perspectivas de Pesquisas Futuras. Gestão & Produção. v. 11, n. 1, p. 1-19, jan-abr, 2004

MARTINELLI, Fernando Baracho. Gestão da Qualidade Total.Curitiba: IESDE Brasil, 2009.

CAMPOS, Vicente Falconi. Controle da Qualidade Total. Rio de Janeiro: Editora Bloch, 3ª edição, 1992.

TRAD, Samir; MAXIMIANO, Antonio Cesar Amaru. Seis Sigma: fatores críticos de sucesso para sua implantação. Rac, Curitiba, v. 13, n. 4, p.647-662, out. 2009. Trimestral.

EINSET, E., MARZANO, J. Six Sigma Demystified. Tooling & Production, vol13, no.2, pp.43-47, abr. 2002.

KARDEC, Alan; FLORES, Joubert; SEIXAS, Eduardo. Gestão estratégica e indicadores de desempenho. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2008.

TANGEN, S.; An overview of frequently used performance measures. Work Study 7;pp.347-354, MCB-UP Limited, Emerald, 2003.

PINTO, Alan Kardec; RIBEIRO, Haroldo. Gestão Estratégica e Manutenção Autônoma. Rio de Janeiro. ABRAMAN. 2002

VERRI, Luiz Alberto. Gerenciamento pela Qualidade Total na Manutenção Industrial Aplicação e Prática. Rio de Janeiro. Qualitymark. 2012.

CHIARADIA, A. Utilização do indicador de eficiência global dos equipamentos na gestão de melhoria continua dos equipamentos. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Escola de Engenharia. Porto Alegre, 2004.

Kshatra, D. P., Paladagu, R. P., Inturi, P., Vishnu, G. S., & Badrinath, V. S. V. S. (2020). Calculation and improving the overall equipment effectiveness for textile industry machine. International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, 8(9), 6085–6090

M, 1 Subha Shree et al. Overall equipment effectiveness (OEE) analysis and improvement in a spinning unit. International Journal of Applied Engineering Research, india, ano 2015, v. 10, n. 55, p. 3791-3796.

GAMBOA, Daniel Alexandre. Níveis de Serviço numa Indústria Têxtil: Análise de Melhoria. Orientador: Prof. Teresa Galvão. 2017. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Engenharia mecânica, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, 2017.

KUMAR, P.; VARAMBALLY, K. V. M.; RODRIGUES, L. L. R. A Methodology for Implementing Total Productive Maintenance in Manufacturing Industries–A Case Study. International Journal of Engineering Research and Development, v. 5, n. 2, p. 32-39 32. 2012.

Kukla, S. Modelling and Optimization of Organization of Workplaces in a Foundry. Arch. Foundry Eng. 2016, 16, 55–58.

Shahin, A.; Isfahani, N.G. Estimating overall equipment effectiveness for continuous production lines: With a case study in Esfahan Steel Company. Int. J. Serv. Oper. Manag. 2015, 21, 466–478.

OHNO, T. O Sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997

TENNANT, G. Six Sigma: SPC and TQM in manufacturing and services. Gower I louse, Aldershot, Reino Unido 2001.

STAMATIS, D., H.;The OEE Primer: Understanding Overal Equipament Effectiveness, Reliability, and Maintainability; CRC Press Taylor & Francis Group. Boca Raton, 2011.

KATUKOORI, Vamshi K. Standardizing availability definition. University of New Orleans, New orleans, La., USA, 1995.

APÊNDICE A – Planilha de apontamento de defeitos

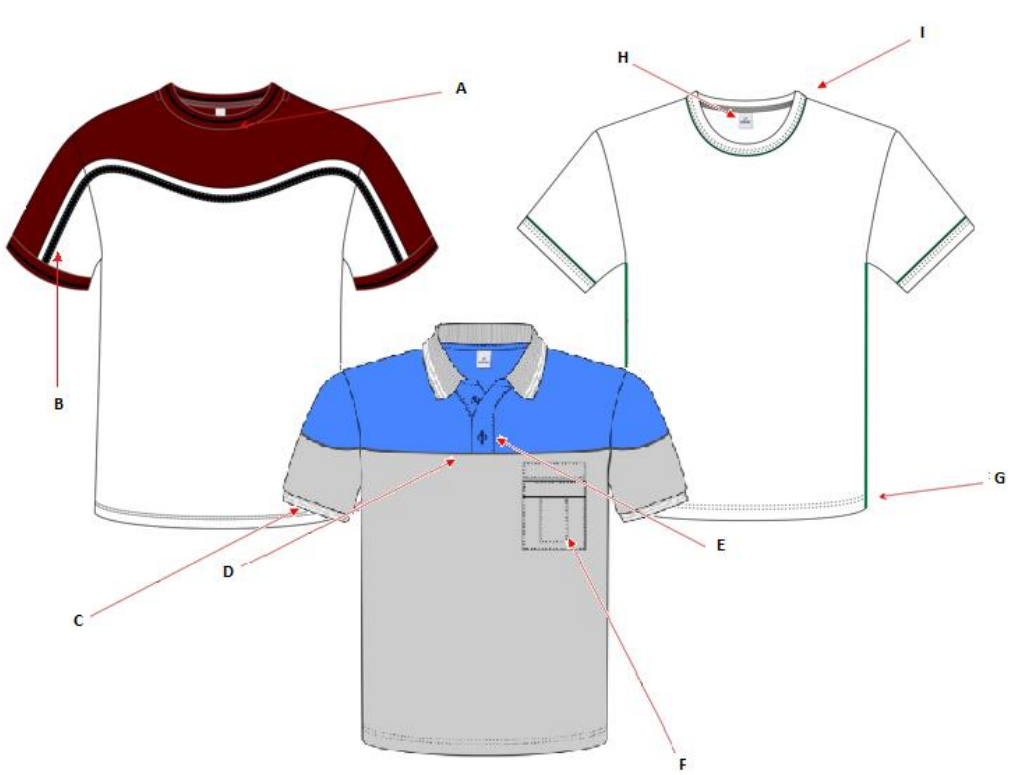
	REVISÃO DE QUALIDADE Revisor(a): _____ Data: _____/_____/_____	SETOR/PRODUTO							
MÁQUINA	PONTO FALHADO	FRISO							
		BARRA							
		LATERAL							
		PATÊ							
		GOLA							
		MANGA							
		OMBREADO							
		PESPONTO BOLSO							
		BOLSO							
		PUNHO							
		FECHAMENTO PUNHO							
		PORTA CRACHÁ							
		ABA							
		CASEADO							
HUMANO	PREGA	FRISO							
		BARRA							
		OMBREADO							
		PUNHO							

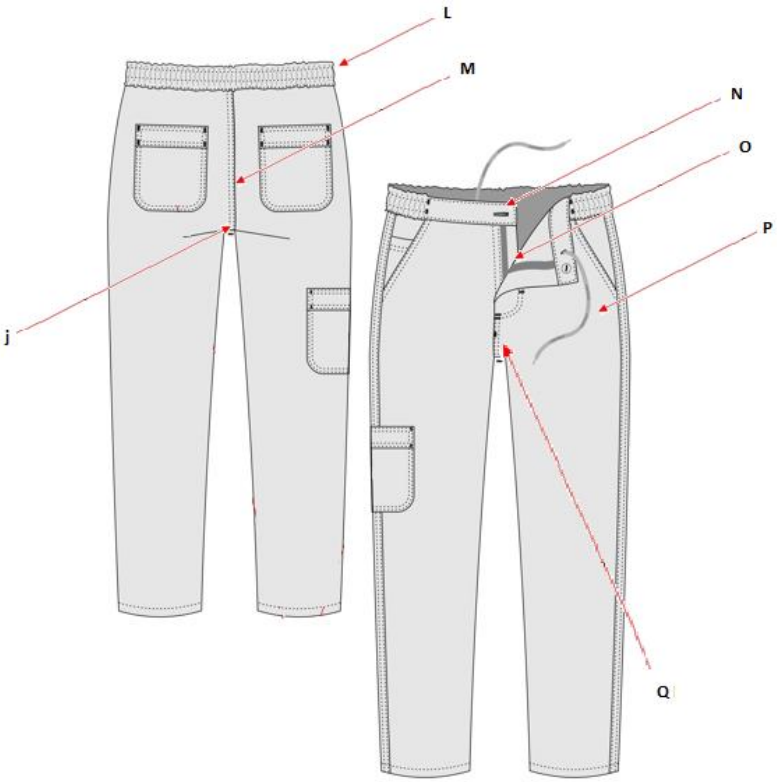
	COSTURA ESCAPADA	FRISO							
		BARRA							
		GOLA							
		LATERAL							
		BOLSO							
		PUNHO							
		FECHAMENTO PUNHO							
	COSTURA TORTA								
	FALTANDO OPERAÇÃO	ETIQUETA							
		CASEADO							
		BOTÃO							
	ETIQUETA	TAM. TROCADO							
		TORTA							
MATERIAL	TECIDO	SUJO							
		COM FALHA							
		FURADO DE FÁBRICA							
		FURO DE AGULHA							
	QUANTIDADE DE PEÇAS REVISADAS								
	QUANTIDADE DE DEFEITOS								
	TOTAL DE PEÇAS REJEITAS								

APÊNDICE B – Planilha de manutenção

RELATÓRIO DE MÁQUINAS								
MECÂNICO:					**SEMANA 45**			
		HORA			**CONSERTO DE MÁQUINA**			
DATA	**MÁQUINA**	**CHAMADO**	**INIÍCIO**	**FIM**	**RESOL.**	**OCORRÊNCIA**	**CAUSA**	**SOLUÇÃO**
					S( ) N( )			
					S( ) N( )			
					S( ) N( )			
					S( ) N( )			
					S( ) N( )			
					S( ) N( )			
					S( ) N( )			
					S( ) N( )			
					S( ) N( )			
					S( ) N( )			
					S( ) N( )			
					S( ) N( )			
					S( ) N( )			
					S( ) N( )			
					S( ) N( )			
					S( ) N( )			
					S( ) N( )			
					S( ) N( )			
					S( ) N( )			
					S( ) N( )			
					S( ) N( )			
					S( ) N( )			
					S( ) N( )			
CONSUMO DE PEÇAS							**OBSERVAÇÕES**	

APENDICIE C – Glossário





A – Gola

B – Viés

C – Punho

D – Friso

E – Patê

F – Porta crachá

G – Barra

H – Etiqueta

I – Ribana

J – Entrepernas

L – Elástico

M – Gancho traseiro

N – Cós

O – Zíper e Braguilha

P – Torçal

Q – Gancho dianteiro