

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

BRUNO RAFAEL DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO A PARTIR DA IMPLEMENTAÇÃO E
MONITORAMENTO DE OEE**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

PONTA GROSSA

2017

BRUNO RAFAEL DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO A PARTIR DA IMPLEMENTAÇÃO E
MONITORAMENTO DE OEE**

Trabalho de Monografia apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia de produção, do Departamento de Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Luis Maurício Resende

PONTA GROSSA

2017



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS PONTA GROSSA
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Curso de Especialização em Engenharia de Produção



FOLHA DE APROVAÇÃO

AValiação DE DESEMPENHO A PARTIR DA IMPLEMENTAÇÃO E MONITORAMENTO DE OEE.

por

Bruno Rafael de Oliveira

Esta monografia foi apresentada no dia dezessete de março de dois mil e dezessete como requisito parcial para a obtenção do título de ESPECIALISTA EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Luis Mauricio de Resende (UTFPR)
Orientador

Prof. Dr. Ariel Orlei Michaloski (UTFPR)
Membro

Prof^a. Dr^a. Claudia Tania Picinin (UTFPR)
Membro

Visto do Coordenador:

Prof. Dr. Ariel Orlei Michaloski
Coordenador
UTFPR – Câmpus Ponta Grossa

AGRADECIMENTOS

Àqueles a quem não menciono nessas palavras, peço desculpas, mas saibam que todas as pessoas que estiveram presentes durante o meu percurso acadêmico foram importantes.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Luis Mauricio Resende, pelos ensinamentos, orientações e tempo dedicado para que fosse possível elaborar essa monografia.

Aos meus colegas de turma, que me proporcionaram um ano com muitas trocas de experiências, companheirismo e amizade. Certamente, esse afeto seguirá pela vida.

Agradeço ao apoio da minha família em todas as coisas que faço, sem os ensinamentos, lições de caráter e de perseverança, nada seria possível.

E também a secretaria do Curso, pela cooperação.

“O único lugar aonde o sucesso vem
antes do trabalho é no dicionário”
Albert Einstein

RESUMO

OLIVEIRA, Bruno Rafael de. **Avaliação de desempenho a partir da implementação e monitoramento de OEE**. 2017. 35. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

Considerando o cenário atual, o objetivo principal de inúmeras empresas é encontrar formas para obter alta eficiência em seus setores. Do mesmo modo, o desenvolvimento de ferramentas capazes de serem utilizadas para medir e controlar a eficiência global de equipamentos tornou-se um dos principais mecanismos aplicados na indústria. A proposta descrita e analisada neste estudo de caso foi possível devido a identificação de uma necessidade empresarial, bem como o aumento na demanda dos clientes e o cenário econômico favorável para o ano de 2017. O objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho da empresa a partir da implementação de uma das ferramentas mais eficientes para esse tipo de controle, o indicador, mais conhecido como OEE (*overall equipment effectiveness*). Para tal análise, o seguinte estudo foi desenvolvido através de um grupo de máquinas pertencentes a linha de produção de uma empresa com sistema de trabalho em fluxo contínuo na produção de embalagens de alumínio. Em um primeiro momento, foi realizada a análise da situação do processador produtivo, para que fosse possível identificar quais seriam os pontos falhos e as perdas naquela situação, desta forma, foi levantado o valor inicial de OEE. Após a investigação criteriosa de todas as informações obtidas e relevantes para o presente trabalho, foram gerados procedimentos de correção e de melhoria para haver o resultado desejado. Durante as primeiras ações já foi possível notar uma melhora significativa no valor encontrado no OEE inicial. Os atos seguintes permitem projetar resultados animadores que evidenciam o que era esperado com este estudo, além da concretização dos objetivos propostos.

Palavras-chave: Eficiência. Equipamentos. Global. OEE.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Bruno Rafael de. **Performance Evaluation since the OEE Implementation and Monitoring.** 2017. 35. Monograph (Major in Production Engineering) - Federal University of Technology - Paraná. Ponta Grossa, 2017.

The goal of several companies is finding ways to have the highest efficiency in their sectors. Therefore, the development of equipments capable of being used to measure and control the overall equipment effectiveness has become one of the main mechanisms applied in the industry. The proposal described and analyzed on this paper was possible because of the business demand, the increasing number of customers and the positive economy in 2017. The aim of this study is to evaluate the performance of the company since the implementation of one of the most efficient tool for this specific control: the OEE (overall equipment effectiveness). The following study was developed through a group of machines, which belong to an enterprise production line with continuous working system in the production of aluminum packaging. Firstly, the analysis of the productive processor situation was established, to made it possible identify the faults and losses in that situation, then the OEE initial value was collected. After the careful investigation of all the information obtained and relevant to the present study, correction and improvement procedures were generated to have the desired outcome. During the first actions it was possible to notice a significant improvement in the value found in the initial OEE. The following acts allow us to forecast great outcomes that show the estimated result of this study, such as well as the realization of the proposed aims.

Keywords: Efficiency. Equipment. OEE. Overall.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Quadro de variáveis utilizadas para OEE.....	16
Figura 2 – Acumuladores de tempo OEE (CLP).....	17
Figura 3 – Cálculo de disponibilidade OEE (CLP).....	18
Figura 4 – Cálculo de desempenho OEE (CLP).....	18
Figura 5 – Cálculo de qualidade OEE (CLP).....	19
Figura 6 – Acumuladores de entrada e saída (CLP)	19
Figura 7 – Acumulador de SHORT CAN; Cálculo de diferença e perda (CLP)	20
Figura 8 – Cálculo OEE (CLP)	20
Figura 9 – Sinal vermelho OEE	25
Figura 10 – Sinal amarelo OEE.....	26
Figura 11 – Sinal verde OEE.....	26
Figura 12 – Levantamento inicial OEE	26
Figura 13 – Causas da queda de disponibilidade.....	27
Figura 14 – OEE Dezembro 2016	30
Figura 15 – Falhas Dezembro 2016	30
Figura 16 – OEE Inicio Fevereiro 2017	31
Figura 17 – Falhas Inicio Fevereiro 2017	31

LISTA DE SIGLAS

CLP	Controlador Lógico Programável
ETH	Ethernet
OEE	Overall Equipment Efficiency
IHM	Interface Homem Máquina
TPM	Total Productive Maintenance

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Disponibilidade	17
Equação 2 – Desempenho	17
Equação 3 – Qualidade	18

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS.....	12
1.1.1 OBJETIVO GERAL	12
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
1.2 JUSTIFICATIVA.....	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1 A EVOLUÇÃO DA INDÚSTRIA E DOS PROCESSOS DE PRODUÇÃO	14
2.2 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL	15
2.3 OEE	15
2.4 DISPONIBILIDADE	17
2.5 DESEMPENHO	18
2.6 QUALIDADE	19
2.7 OEE FINAL	20
2.8 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL.....	21
2.9 CLP	21
2.10 IHM.....	22
2.11 ETH.....	22
2.12 PROCESSO DE FABRICAÇÃO	22
2.13 FALHAS E CONVERSÃO	23
3 METODOLOGIA.....	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
4.1 DADOS INICIAIS	26
4.2 CULTURA OEE	27
4.3 CONVERSÃO E <i>LOW LEVEL</i>	28
4.4 <i>HIGH LIMIT</i>	28
4.5 <i>SHORTCAN</i>	29
4.6 PRÓXIMAS AÇÕES.....	31
5 CONCLUSÃO.....	32
REFERÊNCIAS.....	33

1 INTRODUÇÃO

A intensificação da concorrência tem exigido que as empresas de manufatura lidem constantemente com a pressão de mercados mais sofisticados, com as mudanças nas escolhas dos clientes e com a competição global (DANGAYACH; DESHMUKH, 2003). O teórico Elmaghraby (1991) nos assegura que o correto entendimento sobre o que é capacidade de produção, a sua medição precisa e exata são de vital importância para todos os interessados no negócio. A utilização ideal da capacidade de produção para satisfazer a demanda atual e futura pode gerar maiores lucros e clientes satisfeitos (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

A competitividade alcançada atualmente nas diversas áreas industriais tem origem na aplicação do conhecimento para a melhoria dos processos produtivos, na gestão da produção e na inovação (ANTUNES, et al., 2008). Rotondaro (2002) afirma que nesse mercado global e competitivo as organizações estão reformulando suas estratégias para sustentar as suas vendas e os seus lucros, sendo que para muitas empresas bem-sucedidas as suas novas estratégias têm sido oferecer produtos reconhecidamente superiores em preço, entrega, desempenho e qualidade, na visão de seus clientes.

Para alcançar tais objetivos, as grandes empresas buscam novas formas de realizar a avaliação e a gestão dos seus processos produtivos. Existem indicadores de desempenho de processo, que visam verificar se os objetivos determinados estão sendo atingidos; desempenho estratégico, buscando avaliar se a organização está alcançando seus objetivos; dentre muitos outros. Para esse estudo de caso, o OEE (*Overall Equipment Effectiveness* ou em português Eficiência Global dos Equipamentos) foi determinado como ferramenta chave, por avaliar três fatores primordiais: desempenho, qualidade e disponibilidade.

O uso dos conceitos de OEE na indústria moderna ocorreu a partir do final dos anos sessenta. O termo OEE foi introduzido por Seiichi Nakajima na Nippon Denso, indústria de peças automobilísticas. O equipamento OEE serve como uma ferramenta métrica de TPM (*Total Productive Maintenance*), que foi descrito por Nakajima (1989, p. 35) como “uma metodologia de melhoramento de plantas, o que permite a melhoria contínua e rápida do processo de fabricação através do uso e

envolvimento dos trabalhadores, capacitação de funcionários e medição de circuito fechado de resultados”.

Dentro desse contexto, o presente trabalho se propõe a avaliar a implementação e o monitoramento do indicador conhecido *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) em uma indústria com sistema produtivo em fluxo contínuo.

1.1 OBJETIVOS

A seguir serão apresentadas as metas estabelecidas para a delimitação da temática do presente artigo, considerando o objeto de estudo escolhido.

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a implementação e monitoramento do indicador conhecido por *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) em uma indústria com sistema produtivo em fluxo contínuo.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar o levantamento histórico dos dados de perdas e de paradas nas linhas de produção da empresa;
- Calcular, a partir dos dados obtidos, os valores de OEE para cada um dos equipamentos da linha de produção;
- Identificar os pontos falhos e tomar ações necessárias de correção e melhoria nos equipamentos avaliados.

1.2 JUSTIFICATIVA

Este trabalho tem como premissa a busca pela empresa estudada de uma eficiência denominada *World Class*, que equivale a atingir um OEE acima 85%. A necessidade da empresa é aumentar sua eficiência é premida por um cenário de vendas previsto para 2017 com aumento da demanda dos clientes, que deve chegar próximo a 2,4 bilhões de unidades.

Ainda, o indicador OEE servirá aos gestores como ferramenta de auxílio na tomada de decisão, afim de melhorar a capacidade produtiva, sendo possível atingir esse nível de produtividade. Outro ponto de avaliação visa as quebras recorrentes dos equipamentos, isto é, identificar as principais quebras e tomar ações de correção definitivas. Observando um aumento da confiabilidade dos equipamentos.

Por mais que, aparentemente, possua uma produtividade alta, a capacidade fabril é superior a esse número, sendo assim, a implementação do sistema de monitoramento de OEE se faz primordial para aumento de confiabilidade e produtividade visando aumentos de demandas de produção.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A EVOLUÇÃO DA INDÚSTRIA E DOS PROCESSOS DE PRODUÇÃO

De modo geral, a produção, no seu início era realizada de maneira totalmente artesanal (feito à mão), o que gerava demora para a entrega dos produtos e falta de padronização. Contudo, era possível ter produtos personalizados, porém com valor unitário alto. Após a segunda revolução industrial, grandes mudanças econômicas começaram a demandar uma mudança na maneira de produção e de distribuição dos produtos. A partir desse ponto, iniciou-se a ideia da produção em massa.

Próximo ao ano de 1900, o constante crescimento dessas novas organizações em conjunto com a constante urbanização dos grandes centros, fez com que surgissem profissionais que se especializaram na gestão desses grandes negócios. Seriam os primeiros grandes administradores como Taylor, Gantt e Gilbreth, tomando o nome de Administração científica. Essa sistematização trouxe um novo conceito à estrutura das fábricas. Ford foi o principal responsável pela introdução da produção em massa e da administração científica (PAIVA; CARVALHO JUNIOR; FENSTESEIFER, 2004).

No intervalo de 1920 a 1960, durante o período de guerras, surgiram novas necessidades, por exemplo a flexibilidade para novos produtos. O que fez as empresas buscarem novos meios, como a automação. Em 1950 em Toyota desenvolveu um sistema que posteriormente viria a ser conhecido mundialmente como sistema Toyota de produção. Diferentemente do conceito de Ford, que era produção em massa, esse sistema prezava a produção enxuta (PAIVA; CARVALHO JUNIOR; FENSTESEIFER, 2004).

No Brasil, a indústria passou por várias fases de adaptações em meados de 1920, mas foi a partir da década de 80 que se iniciou uma busca pela qualidade e eliminação de desperdício, utilizando as técnicas japonesas (PAIVA; CARVALHO JUNIOR; FENSTESEIFER, 2004).

2.2 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL

A manutenção produtiva total teve a sua origem no início dos anos 60, no Japão. Ela visava melhorar a confiabilidade dos equipamentos e aumentar a qualidade dos processos que envolviam a manufatura (NETTO, 2008).

De acordo com Kardec e Nascif (2009), o mercado tem se tornado cada vez mais competitivo, devido a fatores econômico-sociais, obrigando as empresas a melhorarem a eficiência dos equipamentos, a reduzir paradas por quebras ou intervenções, a modificar o sistema de trabalho, etc.

Pensando dessa maneira, a Manutenção Produtiva Total (TPM) tem por premissa, a melhoria da eficácia da empresa, de uma maneira geral. A melhoria nos seus equipamentos e nos seus processos de qualificação de funcionários, fornecendo maior aptidão para assumir a operação de fábricas cada vez mais automatizadas.

No olhar da TPM, as maiores perdas são resultados de quebras, pois essas quebras aumentam os custos de manutenção e diminuem a eficiência do equipamento e da fábrica como um todo. Operações em vazio, velocidade menor que a nominal do trabalho, entre outros. Mais um conceito importante é a “quebra zero”, que nos remete ao ponto que o equipamento não deve parar no período em que está programado para operar, sendo de extrema importância, operar os equipamentos dentro dos limites estabelecidos, restaurar, eliminar o envelhecimento e ter domínio total das anomalias. A quebra zero também pode ser entendida no conceito de que a quebra é a falha visível e esta é a causada por uma coleção de falhas invisíveis, compostas por folgas, sujeiras, desgastes, vazamentos, corrosão, ruídos, entre outros, como um iceberg (EVOLUÇÃO CONSULTORIA, 2012).

2.3 OEE

Nesse contexto, o OEE tem sido utilizado como a medida global da eficiência dos equipamentos, sendo possível estruturar inúmeros tipos de análises baseadas em seus resultados. Observando se as suas perdas estão relacionadas ao desempenho, a disponibilidade ou a qualidade.

O OEE corresponde a eficácia do processo no tempo programado para o equipamento produzir. É o método de medição do desempenho de uma instalação industrial, sendo uma medida de gestão da produtividade visando identificar oportunidades para buscar a máxima eficácia possível (HANSEN, 2006).

A conceituação básica do OEE fornece uma boa forma de medir a eficácia de uma única máquina (BRAGLIA et al., 2009). O OEE é amplamente aceito como uma medição primária para a fábrica que auxilia a avaliação dos equipamentos e que estabelece uma disciplina para melhoria (MUTHIAH et al., 2007).

Por estas razões, a forma de aplicação do OEE está sujeita a adaptações para se adequar ao contexto e as condições daquilo que se deve medir (BUSSO; MIYAKE, 2012). Os autores Muchiri e Pintelon (2008) colocam que na literatura são encontradas derivações do termo OEE conforme a natureza da sua aplicação. Originalmente, Nakajima (1989), propôs o uso das métricas de OEE para a medição de equipamentos individuais, entretanto, devido ao aumento de seu uso na indústria, e da comprovação da sua validade como ferramenta de medição de performance, qualidade e disponibilidade.

Seguindo o cálculo de OEE por Nakajima (1989), e todas as observações da sua obra realizadas por Hansen (2002), como se observa na figura 1, OEE é o resultado da multiplicação de três fatores: Disponibilidade, performance e qualidade.

ÍNDICE DE EFICIÊNCIA GLOBAL DO EQUIPAMENTO (OEE)		
TEMPO TOTAL DO EQUIPAMENTO		
ÍNDICE DE DISPONIBILIDADE - ID		
A	TEMPO DISPONÍVEL	Paradas Programadas
B	TEMPO DE OPERAÇÃO	Falhas Ajustes
ÍNDICE DE PERFORMANCE OPERACIONAL - IP		
C	PRODUÇÃO TEÓRICA	
D	PRODUÇÃO REAL	Baixa Velocidade Pequenas Paradas
ÍNDICE DE QUALIDADE - IQ		
E	PRODUÇÃO REAL	
F	PRODUÇÃO CONFORME	Refugos Retrabalho

$$OEE = (B / A) \times (D / C) \times (F / E)$$

Figura 1: Quadro das Variáveis utilizadas para OEE
Fonte: Adaptado de Hansen (2002)

Dessa forma, para esse trabalho o desenvolvimento da forma de cálculo, mesmo que de forma generalizada, foram específicas para a realidade e necessidade da empresa estudada. Baseando-se no tempo de produção das máquinas.

Utilizando acumuladores de tempo presentes no software de programação do CLP, *RS LOGIX 5000*, explicado no item 2.9, esses acumuladores de tempo calculam o tempo em milissegundos. A figura 2 mostra os acumuladores de tempo para o cálculo do OEE. As figuras 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 foram retiradas do software de programação mencionado acima.

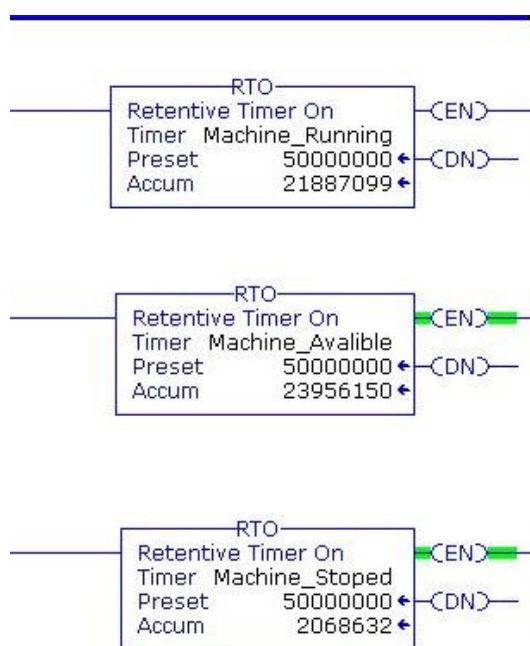


Figura 2: Acumuladores de tempo OEE (CLP)

Fonte: Autoria própria

2.4 DIPONIBILIDADE

A disponibilidade dos equipamentos indica os eventos que causam paradas na linha, geralmente relacionados às quebras, tempos de *setup*, falta de materiais, entre outros. É o tempo real de operação versus o tempo programado de operação (HANSEN, 2006).

Onde *Machine Running* (máquina rodando) é o tempo em que a máquina permaneceu rodando, ou seja, está produzindo. *Machinne Stopped* (máquina parada) é o tempo em que a máquina permaneceu parada, ou seja, sem produzir. A

equação 1 mostra como o cálculo é realizado e a figura 3 mostra como é feito no software de programação.

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Machine Running}}{\text{Machine Running} + \text{Machine Stopped}} \quad (1)$$

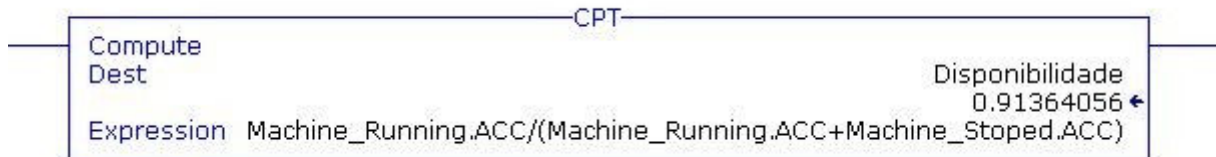


Figura 3: Cálculo de disponibilidade OEE (CLP)

Fonte: Autoria própria

2.5 DESEMPENHO

O desempenho das máquinas é o tempo da linha em produção, sem interrupções, ou seja, é a percentagem da capacidade real de produção em relação a capacidade nominal à qual o equipamento foi projetado (HANSEN, 2006).

Onde *Machine Avalible* (máquina disponível) é o tempo em que a máquina está disponível para produzir, ou seja, cem por cento do tempo. *Machine Stopped* (máquina parada) é o tempo em que a máquina permaneceu parada, ou seja, sem produzir. A equação 2 mostra como o cálculo é realizado e a figura 4 mostra como é feito no software de programação.

$$\text{Desempenho} = \frac{\text{Machine Avalible}}{\text{Machine Avalible} + \text{Machine Stopped}} \quad (2)$$

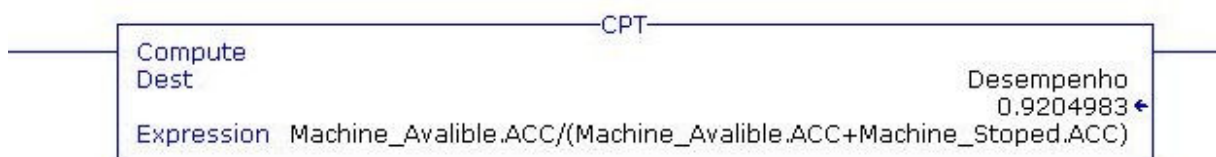


Figura 4: Cálculo de desempenho OEE (CLP)

Fonte: Autoria própria

2.6 QUALIDADE

O índice de qualidade é obtido através da relação de produtos bons produzidos pelo total de produtos produzidos (HANSEN, 2006).

Quality Production (qualidade produção) é o número total de matéria prima que entrou na máquina para ser transformada. *Quality Loss* (qualidade perda) é o resultado da soma de dois fatores de perda de produção. O primeiro deles é a diferença entra a matéria prima que entrou e o número de latas fabricadas que saíram no período. O segundo fator é o defeito de má formação chamado *ShortCan* (Lata curta). A equação 3 mostra como o cálculo é realizado e as figuras 5, 6 e 7 mostram como é feito no software de programação.

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Quality Production} - \text{Quality Loss}}{\text{Quality Production}} \quad (3)$$

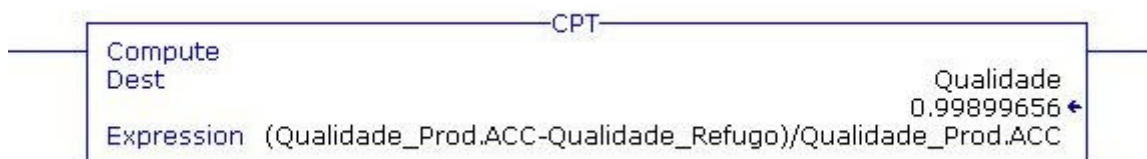


Figura 5: Cálculo de qualidade OEE (CLP)

Fonte: Autoria própria

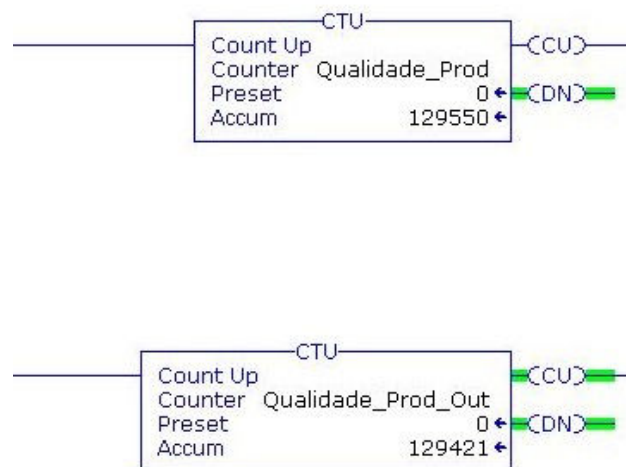


Figura 6: Acumuladores de entrada e saída (CLP)

Fonte: Autoria própria

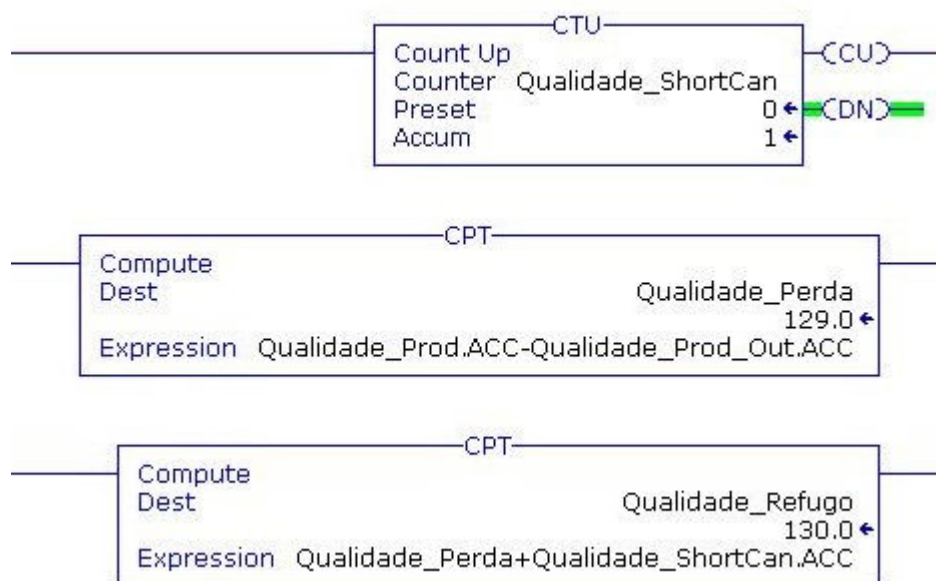


Figura 7: Acumulador de SHOT CAN; Cálculos de diferença e perda (CLP)
 Fonte: Autoria própria

2.7 OEE FINAL

Após a aquisição das três variáveis necessárias para realizar o cálculo de OEE, ao realizar a multiplicação de todos esses valores. Para a demonstração dessa eficiência, o resultado é multiplicado por cem para uma melhor visualização do percentual. A figura 8 mostra o cálculo final do OEE.

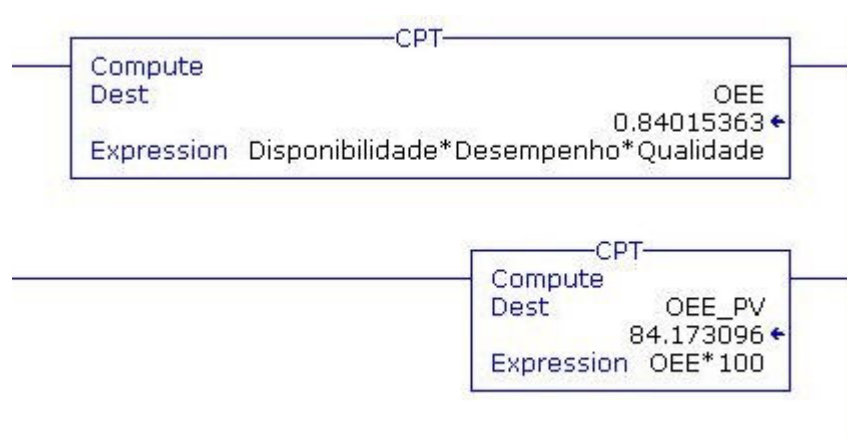


Figura 8: Cálculo OEE (CLP)
 Fonte: Autoria própria

2.8 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

O termo automação descreve um conceito amplo, envolvendo um conjunto de técnicas de controle, das quais é criado um sistema ativo, capaz de fornecer a melhor resposta em função das informações que recebe do processo em que está atuando. Dependendo das informações, o sistema calculará a melhor ação corretiva a ser executada (WEG, 2002).

Também se compreende por automação industrial, qualquer sistema que opere de forma automática, agindo de acordo com o recebimento de informações e variáveis em seus pontos de entrada. Disponibilizando o resultado em suas fontes de saída de informação.

Segundo Silveira e Santos (2002, p. 40), “todo sistema dotado de retroação e controle implica na presença de três componentes básicos, cuja principal característica é a realimentação para que seja feito o controle”. Esses componentes são CLP, IHM e rede ETH, especificamente nesse caso.

2.9 CLP

O controlador lógico programável é um hardware que segue uma programação pré-definida através de um software, seguindo rotinas de programação. É o principal responsável por sistemas automatizados. Possui entradas para aquisição de informações, vindas de inúmeras fontes. Também possui saídas responsáveis por inúmeros tipo de acionamentos. O hardware utilizado nesse projeto é *Allen Bradley Compact Logix*.

Em relação aos softwares, existem várias linguagens de programação. A mais conhecida e de maior facilidade de interação é a linguagem *Ladder*, a qual foi utilizada nessa implementação. Nesse software é possível utilizar várias ferramentas de programação, tais como, contadores, temporizadores, comparadores, entre outros. O Software utilizado nesse projeto é *RS Logix 5000*.

2.10 IHM

A interface homem máquina, como o próprio nome já sugere, é responsável pela interação entre o homem e o CLP diretamente. Nessa tela é possível observar todas as variáveis que estão sendo mensuradas, e calculadas dentro do CLP e também inserir informações, entre outras coisas. O hardware utilizado nesse projeto é *Allen Bradley Panel Plus 1000*. O Software de desenvolvimento e programação utilizado para a IHM nesse projeto é *Factory Talk View Studio*.

2.11 ETH

Ethernet é a rede de comunicação responsável pela interação de todo o sistema. Por meio dela, o CLP troca informações com a IHM e com as demais máquinas que compõem esse sistema. É por meio dela também que conectamos os softwares de programação para realizar manutenções e alterações.

2.12 PROCESSO DE FABRICAÇÃO

A linha de produção em fluxo contínuo que está sendo avaliada é dividida em duas partes, *Front end* e *Back end*. As máquinas que serão avaliadas estão na primeira divisão, que é a parte inicial do processo.

O alumínio é recebido em bobinas, com aproximadamente 12 toneladas. Elas são posicionadas em uma máquina que as desenrola, conhecida como *Uncoiler*. Após a folha ser desenrolada, a bobina passa por uma lubrificação no *Lubricator* antes de ir para a primeira prensa, a *Cupper*. Máquina responsável por conformar a folha de alumínio em copos, que são mais fáceis de transportar e são a matéria prima das máquinas onde ocorre o monitoramento de OEE, as *BodyMakers*. Quando há falta desses copos, tem-se a falha conhecida por *Low level*.

As *BodyMakers* são prensas que conformam os copos direto para a forma de lata, sem o pescoço. Na sequência vem a lavadora, responsável pelo banho químico nas latas, esse banho serve para eliminar os resíduos de óleo presentes no

processo de conformação das latas e deixa-las pontas para o processo de pintura do rótulo. Esse processo de pintura faz parte da primeira máquina que compõem o *Back end*.

As decoradoras imprimem o rótulo na lata branca, aplicam uma camada protetora de verniz externo e na sequência as latas vão para um forno, com cerca de 200 graus Celsius, para que seja feita a secagem. Sequencialmente, o próximo processo é de aplicação de verniz interno, esse serve como isolante do alumínio e do líquido que será envasado. Após a aplicação ele também passa por um forno para secagem do verniz, esse forno possui três zonas de aquecimento, com temperaturas de 115, 200 e 205 graus Celsius, respectivamente.

Próximo processo é o *Necker*, onde o pescoço da lata é conformado. Essa máquina possui 12 estações de conformação, uma de *light tester*, onde verifica-se por sensores de luz a existência de micro furos nas latas. Na sequência vem a *Pressco*, onde é feita a inspeção a 100% das latas. Esse equipamento possui 6 câmeras que avaliam os defeitos das latas, sejam eles relacionados a amassamentos, falhas de litografia ou sujeiras. O último processo é a paletização.

2.13 FALHAS E CONVERSÃO

Shortcan: Falha de má formação da lata. Ocorre nas *BodyMakers*, o produto entregue é inferior ao dimensional estipulado pela instrução de trabalho.

High limit: Falha de linha cheia. O processo produtivo a frente está com alto volume de latas, assim, não sendo possível a produção.

Low level: Baixa matéria prima. Falta de material para a produção da lata.

Conversão: Processo de setup da planta para a produção de um novo tamanho de lata.

3 METODOLOGIA

Utilizando a automação industrial e os seus três meios mais comuns, acima mencionados, foi desenvolvido a programação para realizar o monitoramento do OEE mediante ao conceito de OEE desenvolvido por Nakajima (1989). Esse monitoramento foi implantado para medir a eficiência de cada equipamento da parte inicial da linha de produção de latas de alumínio.

O cálculo e medição do OEE ocorre em tempo real, ou seja, a medida em que o tempo for passando, a eficiência mostrada será a daquele intervalo de tempo. Por exemplo, a OEE mostrada as onze horas da manhã, será a eficiência do período de seis horas até as onze horas.

Foi decidido fazer dessa maneira porque a linha de produção de latas de alumínio altera seu comportamento de forma rápida, assim, podemos ver qual é a eficiência daquele instante. Caso haja alguma alteração no processo, como a troca da matéria prima (bobina de alumínio), e esse índice começar a cair muito nos equipamentos, já é um sinal que se deve atuar. Também será possível realizar o fechamento do dia dessa eficiência. Assim, relacionando os fatos de parada de máquina que impactaram diretamente no OEE.

A aquisição dos dados para formar o cálculo do OEE foram adquiridos diretamente das máquinas, por meio da programação realizada no CLP. Todas as informações são igualmente registradas no CLP.

Para o acompanhamento da eficiência, foi criado na IHM uma tela de eficiência que mostrará o valor corrente do OEE, atualizado a cada cinco minutos. Essa mesma tela servirá como um controle visual, atuando da seguinte maneira: Caso o OEE esteja abaixo de setenta e nove virgula noventa e nove por cento, a tela permanecerá vermelha. Se o valor do OEE estiver de oitenta a oitenta e quatro virgula noventa e nove por cento, a tela permanecerá amarela. Qualquer valor de OEE superior a oitenta e cinco por cento, a tela permanecerá verde. Sendo que oitenta e cinco por cento é o objetivo a ser alcançado para uma produtividade World Class. As figuras 9, 10 e 11 mostram essa forma de visualização.



Figura 9: Sinal vermelho OEE **Figura 10: Sinal amarelo OEE** **Figura 11: Sinal verde OEE**
Fonte: Autoria própria

As falhas que fazem com que as máquinas parem possuem números de identificação, como mencionado acima, o registro das falhas também era armazenado no banco de dados. Após o primeiro mês de implementação do monitoramento, todas as informações foram coletadas e, chegando aos valores primários de OEE e principais falhas ocorridas.

De posse dessas informações, foi criada uma equipe multidisciplinar para ouvir a opinião acerca de qual dos pontos falhos deveria ser atacado primeiro. Com a decisão, as ações necessárias foram tomadas e os primeiros resultados após essa intervenção se mostraram satisfatórios.

Para que houvesse melhoria na confiabilidade dos equipamentos, foi acertada a manutenção preventiva para as máquinas. Logo, os resultados após a intervenção foram ainda melhores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 DADOS INICIAIS

Após a implementação do monitoramento, o primeiro mês foi única e exclusivamente dedicado a coleta de dados referentes as três variáveis que compõem o OEE: desempenho, disponibilidade e qualidade. Assim, gerando dados iniciais de como estava a eficiência geral dos equipamentos e também quais eram as principais causas de perda dessa eficiência.

Na figura 12, pode-se verificar os valores obtidos pelo levantamento inicial do índice de performance referentes ao mês de novembro de 2016. É possível observar que o ponto mais impactante para a diminuição para a diminuição do valor final de OEE foi a disponibilidade.

Na figura 13, podem-se verificar as principais falhas responsáveis por derrubar o índice de disponibilidade. *ShortCan*, *Low level* e *High limit*. *ShortCan* é a falha mais comum do equipamento, isto é, a má formação da lata no processo de conformação. *Low level* é a falha de falta de material na entrada da máquina e *High limit* é quando o processo a frente está cheio, assim não podendo rodar, por linha parada.

Unit	Performance Rate %	Quality Rate %	Available Rate %	OEE %
● BM21	96,9%	98,7%	62,0%	59,3%
● BM22	97,9%	99,9%	63,9%	62,4%
● BM23	98,2%	99,9%	67,1%	65,9%
● BM24	98,9%	99,9%	62,7%	61,9%
● BM25	88,9%	92,8%	58,7%	48,5%
● BM26	99,2%	100,0%	62,4%	61,9%
● BM27	96,2%	99,4%	62,7%	60,0%
● BM28	97,7%	99,8%	62,4%	60,9%
● BM29	96,1%	99,9%	57,5%	55,2%
● Summary	97,7%	99,0%	62,2%	60,1%

Figura 12: Levantamento inicial OEE

Fonte: Autoria própria

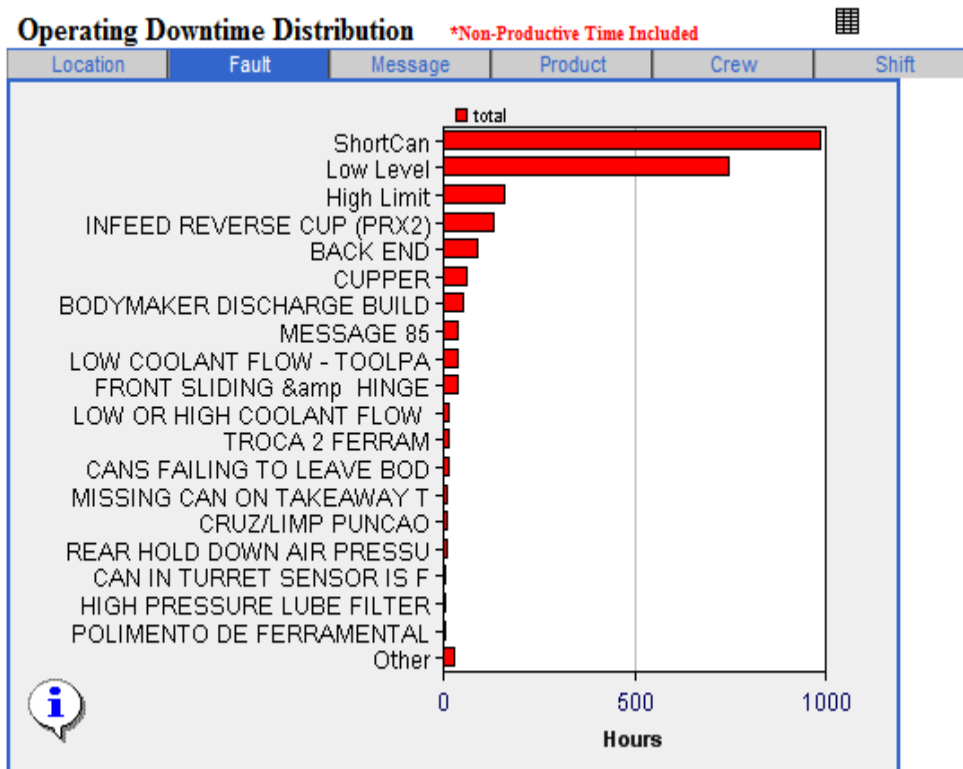


Figura 13: Causas da queda de disponibilidade

Fonte: Autoria própria

4.2 CULTURA OEE

Após o início do processo de monitoramento de OEE, fez-se necessário realizar um breve treinamento com todos os colaboradores envolvidos no processo, explicando o que é o OEE e como ele é obtido.

OEE não é apenas uma métrica de eficiência das máquinas e do processo produtivo, ele deve ser encarado como uma cultura que visa produzir mais, quebrar menos e identificar pontos falhos nos processos. É algo contínuo que deve ser vivenciado e verificado diariamente.

Com os dados iniciais obtidos, que podem ser verificados nas figuras 12 e 13, o fator disponibilidade foi o mais afetado no mês de novembro, chegando próximo a 1000 horas (considerando as 9 máquinas do processo, funcionando 24 horas por dia, são 6480 horas no mês) de máquina parada pelo principal defeito do processo, *ShortCan*. O segundo apontamento, *Low level*, se refere não exatamente a falta de material na entrada, mas sim a outra variável do processo, o chamado *set-*

up de conversão. *High limit*, menor impacto, mas deve ser considerado, nos leva a paradas da linha de produção nos passos seguintes.

4.3 CONVERSÃO E LOW LEVEL

A empresa possui um portfólio de 7 tamanho diferentes de latas, onde altera suas características dimensionais. Todos esses tamanhos são realizados nos mesmos equipamentos. Para que isso seja possível, quando se faz necessário a produção de um tamanho diferente, passamos pelo processo de conversão, *setup*.

As conversões ocorrem de acordo com as demandas dos clientes, assim, podendo ter várias no mesmo mês e as vezes nenhuma. São as conversões que impactam diretamente no índice de falhas por *Low level*, pois a *Cupper* (máquina anterior as máquinas que estão sendo monitoradas) é a primeira a entrar em processo de conversão, assim chegando a faltar material na entrada durante a limpeza da linha de produção.

O processo de conversão dura, aproximadamente, de 6 a 8 horas, dependendo do tamanho da lata que irá rodar. O registro de *downtime* utilizado marca a falha que fez com que a máquina viesse a parar, assim, registrando esse tempo como *Low level*.

Dessa maneira, não foram pensadas ações que viessem a ser necessárias para que houvesse uma diminuição no tempo da falha *Low level*, já que ela depende do número de conversões que serão realizadas no mês.

4.4 HIGH LIMIT

A falha de *High limit* está relacionada a paradas dos equipamentos que vem na sequência da linha de produção. Tem um impacto menor que as duas primeiras, mas deve ser considerado.

Normalmente as paradas de máquinas por *High limit* ocorrem em duas condições. Quebras de máquinas, que é mais incomum e por troca de rótulo. As trocas de rótulo são *setups* rápidos para a troca do produto a ser produzido (estampa da lata). Essa parada de *setup* para a troca de rótulo faz com que a linha

vá enchendo até ser necessário parar as máquinas. Podendo ocorrer até 5 vezes em um turno de trabalho de 12 horas, as trocas de rótulo levam de 5 a 10 minutos para serem realizadas.

4.5 SHORTCAN

Como principal falha do processo, *ShortCan* é resultado da má formação da lata durante a conformação. Ela rasga ou sai menor que o tamanho nominal. Há vários fatores que podem influenciar no excesso de *Shortcan*, tais como: a matéria prima (alumínio), ferramentas da *Cupper* (máquina anterior do processo), ferramentas da *BodyMaker* (máquina que está sendo analisada), *coolant* (líquido refrigerante usado na conformação), a parametrização da máquina e a manutenção de modo geral.

O primeiro passo foi conferir toda a parametrização da máquina, para garantir que os mesmos estivessem de acordo com as instruções de trabalho. Com isso garantido e de posse dos dados históricos referentes ao desgaste das ferramentas das máquinas, foi identificado que entre 3 a 4 horas de trabalho, as ferramentas sem polimento começam a gerar mais *shortcan*.

Foi definido que com 3 horas em operação, um polimento nas ferramentas deve ser realizado, preventivamente, visando evitar o aumento no índice de *shortcan* que é mais difícil de ser controlado depois.

Vê-se, na figura 14, que o índice geral de OEE passou de 60,1% em novembro para 73,8% em dezembro. Observa-se que os índices de qualidade e desempenho permaneceram bons e houve uma grande melhora na disponibilidade.

Avaliando a figura 15, vê-se que a causa principal de perda de disponibilidade (*shortcan*), teve uma redução de aproximadamente 40%. Passando de cerca de 1000 horas em novembro para um valor próximo a 600 horas em dezembro.

Unit	Performance Rate %	Quality Rate %	Available Rate %	OEE %
BM21	97,0%	99,8%	74,0%	71,6%
BM22	100,0%	99,9%	79,7%	79,6%
BM23	98,1%	99,9%	74,3%	72,8%
BM24	100,0%	99,9%	75,6%	75,5%
BM25	96,2%	99,9%	78,5%	75,5%
BM26	100,0%	99,6%	75,5%	75,1%
BM27	95,2%	99,7%	74,7%	70,9%
BM28	97,6%	99,9%	77,7%	75,8%
BM29	95,2%	99,8%	69,0%	65,5%
Summary	98,0%	99,8%	75,4%	73,8%

Figura 14: OEE Dezembro 2016

Fonte: Autoria própria

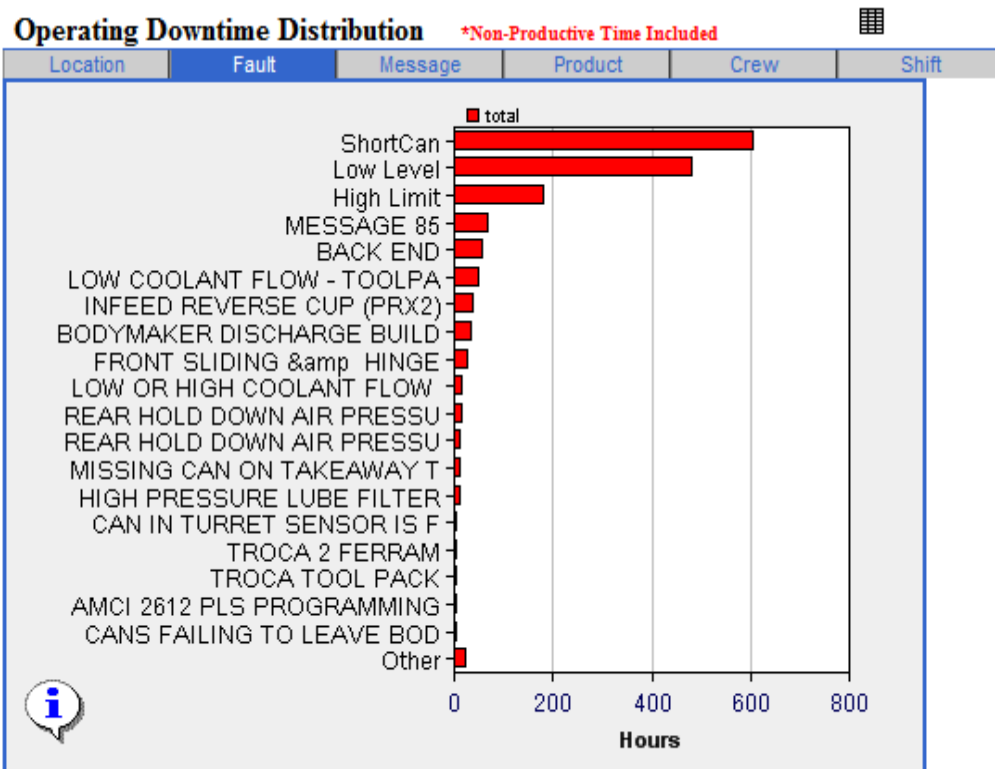


Figura 15: Falhas Dezembro 2016

Fonte: Autoria própria

4.6 PRÓXIMAS AÇÕES

Visando ainda melhorar a performance da máquina de maneira geral, no mês de janeiro todas as máquinas passaram por uma revisão preventiva, focada na eliminação de vazamentos de ar, vazamentos hidráulicos, alinhamento e medições mecânicas, avaliação e calibração dos instrumentos eletrônicos de medição, entre outras manutenções.

As figuras 16 e 17 mostram o resultado inicial dessas ações:

Unit	Performance Rate %	Quality Rate %	Available Rate %	OEE %
BM21	100.0%	100.0%	85.5%	85.5%
BM22	100.0%	99.9%	87.6%	87.6%
BM23	100.0%	99.9%	74.7%	74.6%
BM24	98.3%	99.9%	84.7%	83.2%
BM25	100.0%	99.9%	75.5%	75.5%
BM26	99.8%	99.7%	85.1%	84.6%
BM27	100.0%	99.9%	85.9%	85.8%
BM28	96.7%	99.9%	82.6%	79.8%
BM29	96.7%	99.9%	78.6%	75.9%
Summary	100.0%	99.9%	82.2%	82.1%

Figura 16: OEE Início de Fevereiro 2017

Fonte: Autoria própria

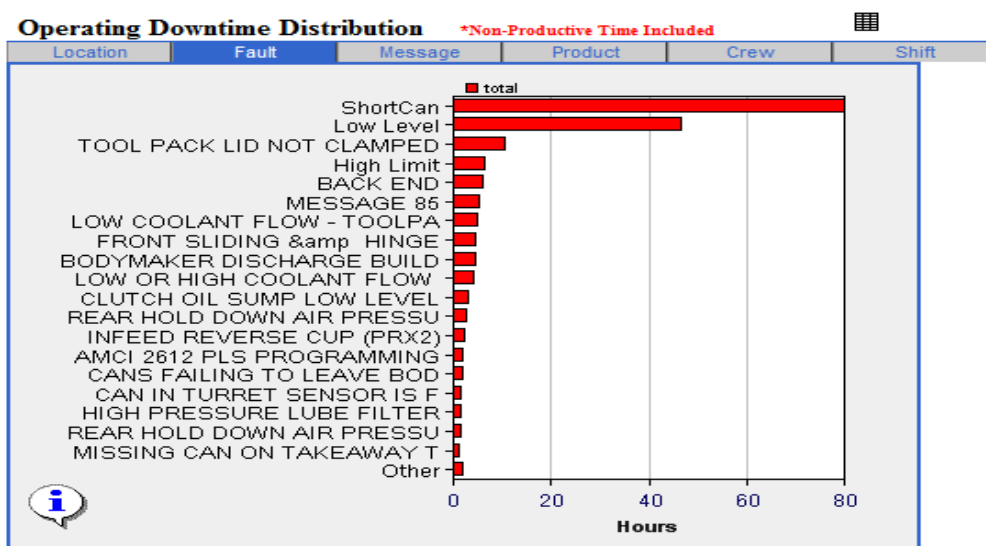


Figura 17: Falhas início Fevereiro 2017

Fonte: Autoria própria

5 CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento histórico acerca das percas que ocorrem nas linhas de produção das empresas e apontar soluções para os problemas que poderiam ocorrer no decorrer do processo.

A empresa que foi analisada possui uma linha de fabricação constante de latas de alumínio. Através do que foi delineado no início do estudo, foi possível detectar as três principais falhas *shortcan*, *low level* e *high limit*. Os dados obtidos permitiram a criação do valor inicial de OEE e a partir deste ponto importante, o monitoramento começou a ser observado a fim de sanar a problemática.

As ações apresentadas a fim de solucionar as falhas, bem como as correções que foram aplicadas nos levaram a concluir que os resultados obtidos foram eficazes, assim como já era esperado.

Com um aumento real do OEE, os objetivos traçados foram alcançados, passando de um OEE próximo a 60% para uma perspectiva inicial no mês de fevereiro superior a 80%.

A busca final de atingir OEE de 85%, ainda não foi atingida, mas a projeção é extremamente animadora. Certamente, há muito passos a serem dados e novas avaliações devem ser feitas. Entretanto, a aplicação da ferramenta foi eficiente para a melhoria da gestão do processo.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, J. et al. **Sistemas de produção**: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- BRAGLIA, M. et al. **Overall equipment effectiveness of a manufacturing line (OEEML)**: an integrated approach to assess system performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 20, n. 1, p. 8-29, 2009.
- BUSSO, C.M.; MIYAKE, D.I. **Análise de aplicação de indicadores alternativos ao Overall Equipment Effectiveness (OEE) na gestão do desempenho global de uma fábrica**. *Revista Produção*, São Paulo, 2012. No prelo.
- DANGAYACH, G.S.; DESHMUKH, S.G. **Evidence of manufacturing strategies in Indian industry: a survey**. *International Journal of Production Economics*, v. 83, p. 279-298, 2003.
- ELMAGHRABY, S.E. **Manufacturing capacity and its measurement: a critical evaluation**. *Computers operation research*, v. 18, n. 7, p. 615-627, 1991.
- EVOLUÇÃO Consultoria. **[Falha – quebra visível]** Disponível em <<http://www.consultoriaevolucao.com/ver-servico.php?id=24>>. Acesso em 9 de março de 2017
- HANSEN, R.C. **Eficiência global dos equipamentos** – uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para aumento dos lucros. Editora Bookman, Porto Alegre, 2006.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009. 384p.
- MUCHIRI, P.; PINTELON, L. **Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE)**: literature review and practical application discussion. *International Journal of Production Research*, v. 46, n. 13, p. 3517-3535, 2008.
- MUTHIAH, K. et al. **Automating factory performance diagnostics using overall throughput effectiveness (OTE) metric**. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 36, n. 7-8, p. 811-824, 2008.
- NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM** – Total Productive Maintenance. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda., 1989.
- NETTO, W. A. C. **A importância e a aplicabilidade da manutenção produtiva total (TPM) nas indústrias**. 2008. 53f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora. 2008.

PAIVA, E. L.; CARVALHO JR, J. M. de; FENSTESEIFER. J. E. **Estratégia de produção e de operações**: conceitos, melhores práticas, visão de futuro. Porto Alegre: Bookman, 2008.

ROTONDARO, R. G (coord). **Seis sigma**: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços. São Paulo: Atlas, 2002.

SILVEIRA, P.; SANTOS, W. **Automação e controle discreto**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2002.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Operation management**, 3rd ed., Pearson Education, Harlow, 2002.

WEG, **Automação**: soluções em segurança. Disponível em <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-solucoes-em-seguranca-50029132-catalogo-portugues-br.pdf>> Acesso em 10 de março de 2017.