UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ALEXANDRE AUGUSTO DA SILVA COSTA

UTILIZAÇÃO DA EFICIÊNCIA GLOBAL DO EQUIPAMENTO COM OBJETIVO DE MELHORAR A GESTÃO DE MANUTENÇÃO DE UMA EMPRESA DO SETOR LOGÍSTICO E SEU DESEMPENHO.

ALEXANDRE AUGUSTO DA SILVA COSTA

UTILIZAÇÃO DA EFICIÊNCIA GLOBAL DO EQUIPAMENTO COM OBJETIVO DE MELHORAR A GESTÃO DE MANUTENÇÃO DE UMA EMPRESA DO SETOR LOGÍSTICO E SEU DESEMPENHO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientador: Professor Doutor, Luiz Henrique Dias Alves.

Co-Orientador: Professor Doutor, Eduardo Breviglieri Pereira Castro.

(FICHA CATALOGRÁFICA - BIBLIOTECA UFJF)

- A ficha catalográfica é gerada em formato A4, com base em informações fornecidas pelo usuário e deve constar no verso da folha de rosto de teses e dissertações de modo a possibilitar sua representação precisa pelas informações de autor, título, local, data, número de folhas, assunto, etc.
- Acesse o site da biblioteca http://www.ufjf.br/biblioteca/servicos/orientacoes-para-preenchimento-do-formulario-de-geracao-automatica-de-ficha-catalografica/ possibilitando o acesso ao formulário de preenchimento pelo site http://www.ufjf.br/biblioteca/servicos/ficha-catalografica/.
- Ao clicar em Enviar o programa gera a ficha de identificação da obra, como um arquivo pdf, disponível para download e/ou impressão, conforme apresentado abaixo:

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

```
Silva, Fernanda Cristina da.

Assistência social e cultura política : o processo de uma política em construção / Fernanda Cristina da Silva. -- 2012. 125 f. : il.

Orientadora: Carina Berta Moljo Coorientadora: Silvina Veronica Galizia Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Serviço Social. Programa de Pós-Graduação em Serviço Social, 2012.

1. Assistência social. 2. Cultura política. 3. Direito. 4. Políticas públicas-Brasil. I. Moljo, Carina Berta, orient. III. Galizia, Silvina Veronica, coorient. III. Título.
```

ALEXANDRE AUGUSTO DA SILVA COSTA

UTILIZAÇÃO DA EFICIÊNCIA GLOBAL DO EQUIPAMENTO COM OBJETIVO DE MELHORAR A GESTÃO DE MANUTENÇÃO DE UMA EMPRESA DO SETOR LOGÍSTICO E SEU DESEMPENHO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Aprovada em 20 de novembro de 2017.

D, Sc.,Luiz Henrique Dias Alves Universidade Federal de Juiz de Fora D. Sc., Eduardo Breviglieri Pereira Castro Universidade Federal de Juiz de Fora D. Sc., Eduardo Breviglieri Pereira Castro

Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais – Campus Juiz de Fora

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos que contribuíram para meu aprendizado de forma direta e indireta e fizeram com que este momento de glória chegasse.

Primeiramente agradeço a Deus por me guiar durante esta caminhada e me manter seguro e confiante no desenvolvimento deste trabalho e também da minha vida.

Agradecer aos meus pais, Josimar e Maria, que sempre me apoiaram nas minhas decisões e nos momentos de fraqueza fizeram com que eu erguesse a cabeça e continuasse a caminhada.

Ao meu irmão, Anderson, que sempre me ajudou na realização deste sonho sendo um exemplo para minha dedicação.

A minha namorada, Christiane, pelo apoio, principalmente na reta final da graduação, onde sempre me incentivou com palavras que ajudaram a encontrar meu caminho e sempre buscar a realização do melhor.

Ao meu orientador, Luiz Henrique, por passar seus conhecimentos com sabedoria e paciência, contribuindo para que o desenvolvimento deste trabalho se tornasse o melhor possível.

Para finalizar, aos meus amigos, tanto da vida quanto de classe, que sempre me passaram muitos conhecimentos e apoiaram nos momentos felizes e tristes, sendo pessoas importantíssimas para a chegada deste momento.

RESUMO

Para atender as exigências do mercado, as empresas então cada vez mais buscando

melhorias contínuas em seus processos e procedimentos. Alguns setores da empresa que eram

deixados em segundo plano atualmente estão ganhando enfoque, como é o caso da

manutenção, antes considerada apenas geradora de custos e hoje vista como um diferencial de

competitividade. Alguns indicadores ajudam no desenvolvimento da empresa, onde

contribuem para encontrar os problemas que prejudicam o desenvolvimento e até mesmo o

cumprimento das tarefas. Um desses indicadores é o OEE (Overall Equipment Effectiveness

ou Eficiência Global do Equipamento) que trabalha simultaneamente com disponibilidade do

equipamento para realizar as tarefas; desempenho, que avalia a quantidade que o equipamento

produz em relação a sua capacidade de produzir e qualidade do que é produzido. Dessa forma

o OEE permite encontrar as principais falhas de determinado equipamento, de forma

quantitativa, e assim permitir que a gestão de manutenção elabore a melhor estratégia de

combater tais falhas. O estudo da metodologia do OEE será aplicado a uma empresa do setor

de transporte rodoviário.

Palavras-chave: OEE, gestão de manutenção, transporte.

ABSTRACT

To answer the market demands, companies are seeking continuous improvements in their processes and procedures. Some sectors of the company that used to be left in the background are currently gaining focus, as the case of maintenance, previously considered only cost-generating and today seen as a differential of competitiveness. Some indicators help in the development of the company, they contribute to find the problems that harm the development and even the accomplishment of the tasks. One of these indicators is the OEE (Overall Equipment Effectiveness) that works simultaneously with the availability of the equipment to perform the tasks, performance, which evaluates the amount that the equipment produces in relation to its capacity to produce and quality of what is produced. In this way the OEE allows to find the main failures of certain equipment, in a quantitative way, and thus allow maintenance management to elaborate the best strategy to combat such failures. The study of the OEE methodology will be applied to a company in the road transport sector.

Keywords: OEE, maintenance management, transport.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção	16
Figura 2 – Tipos de Manutenção	21
Figura 3 – Os pilares de sustentação do programa TPM	32
Figura 4 – Reduzir Problema e Aumentar Desempenho	32
Figura 5 – Tridimensional do OEE	45
Figura 6 – Relação entre as seis grandes perdas e os fatores do OEE	46
Figura 7 – Dados para o cálculo do OEE	48
Figura 8 – Fluxograma do Processo Produtivo da Empresa	53

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Manutenção Corretiva Não Planejada	22
Gráfico 2 – Manutenção Preventiva	24
Gráfico 3 – Manutenção Preditiva	28
Gráfico 4 – Resultados x Tipos de Manutenção	29
Gráfico 5 – Curva da Banheira	39
Gráfico 6 – Disponibilidade de Operação	40

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Implementação da TPM	.34
Quadro 2 – Seis Grandes Perdas dos Equipamentos	.44
Quadro 3 – Estratégia para eliminação das seis grandes perdas	.51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cronograma.	17
Tabela 2 – Qualificação Pessoal da Manutenção	19
Tabela 3 – Principais Indicadores de Desempenho Utilizados	36
Tabela 4 – Custos de Manutenção no Brasil	38
Tabela 5 – Veículos utilizados para obtenção do OEE.	55
Tabela 6 – Disponibilidade – Janeiro.	56
Tabela 7 – Disponibilidade – Fevereiro.	56
Tabela 8 – Disponibilidade – Março.	57
Tabela 9 – Disponibilidade – Abril.	57
Tabela 10 – Disponibilidade – Maio.	58
Tabela 11 – Disponibilidade – Junho.	58
Tabela 12 – Disponibilidade – Julho.	59
Tabela 13 – Eficiência mensal.	59
Tabela 14 – Qualidade mensal	60
Tabela 15 – OEE	60

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Confiabilidade	35
Equação 2 – Frequência de Falhas	39
Equação 3 - Disponibilidade	40
Equação 4 - Retrabalho	41
Equação 5 - BackLog	41
Equação 6 - MTBF	42
Equação 7 - MTTR	42
Equação 8 - OEE	48
Equação 9 - Disponibilidade	49
Equação 10 - Eficiência	49
Equação 11 – Eficiência.	49
Equação 12 – Qualidade.	50
Equação 13 – Qualidade	50

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

- $NBR-Norma\ Brasileira\ Regulamentadora.$
- RBM Reliability Based Maintenance ou Manutenção Baseada na Confiabilidade.
- RCM Reliability Centered Maintenance ou Manutenção Centrada na Confiabilidade.
- TPM *Total Productive Maintenance* ou Manutenção Produtiva Total.
- JIPM Japanese Institute of Plant Maintenance ou Instituto Japonês de Manutenção de Fábrica.
- PIB Produto Interno Bruto.
- HH Homem Hora.
- MTBF Mean Time Between Failures ou Tempo Médio Entre Falhas.
- MTTR Mean Time to Repair ou Tempo Médio para Reparo.
- OEE Overall Equipment Effectiveness ou Eficiência Global dos Equipamentos.
- TPS Toyota Production System ou Sistema Toyota de Produção.

SUMÁRIO

<u>1.</u>	INTRODUÇÃO	13
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	13
1.2	JUSTIFICATIVA	14
1.3	ESCOPO DO TRABALHO	14
1.4	ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS	15
1.5	DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA	15
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	16
1.7	CRONOGRAMA	17
<u>2.</u>	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	MANUTENÇÃO	18
2.1.	1 MANUTENÇÃO CORRETIVA	21
2.1.	.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA	2 3
2.1.	.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA	25
2.1.	.4 MANUTENÇÃO DETECTIVA	28
2.1.	.5 ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO	2 9
2.2	FERRAMENTAS DA MANUTENÇÃO	30
2.2.	1 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM)	30
2.2.	.2 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM)	34
2.3	INDICADORES DE DESEMPENHO DA MANUTENÇÃO	36
2.3.	1 CUSTOS	37
2.3.	2 FREQUÊNCIA DE FALHAS	38
2.3.	.3 SATISFAÇÃO DOS CLIENTES	39
2.3.	.4 DISPONIBILIDADE OPERACIONAL	40
2.3.	5 RETRABALHO	41
2.3.	.6 BACKLOG	41
2.3.	.7 TEMPO MÉDIO ENTRE FALHAS	41
2.3.	8 TEMPO MÉDIO PARA REPARO	42
2.4	AVALIAÇÃO DE CARACIDADE	42

2.5	OEE (OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS) OU EFICIÊNCIA GLOBAL DO)
ΕQ	UIPAMENTO)	45
2.6	IMPLEMENTAÇÃO DO OEE	46
2.7	CÁLCULO DO OEE	47
2.8	ATUAÇÃO NAS SEIS GRANDES PERDAS PARA MELHORAR O OEE	50
<u>3.</u>	APLICAÇÃO DA FERRAMENTA OEE	<u>52</u>
3.1	MATERIAIS E MÉTODOS	52
	.1 A EMPRESA	
3.1.	.2 PROCESSO CRÍTICO	54
3.1.	.3 DESENVOLVIMENTO DO OEE	54
<u>4.</u>	ANÁLISE DOS RESULTADOS	61
<u>5.</u>	CONCLUSÃO	63
<u>6.</u>	REFERÊNCIAS	64
<u>7.</u>	ANEXO A – TERMO DE AUTENTICIDADE	67

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

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

O OEE quando implementado de forma definitiva pode orientar processos de melhoria contínua, que permitirão buscar cada vez mais eficácia e competitividade para as empresas. Porém é uma metodologia que exige a participação de todos dentro da organização, desde a alta administração até o chão-de-fábrica (FOGLIATTO & RIBEIRO, 2010).

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

Dependendo de três fatores que compõe o cálculo (disponibilidade, desempenho e qualidade), o OEE permite a identificação de falhas em todas as áreas, possibilitando sempre a melhoria do processo. Porém, quanto maior o OEE mais difícil aumentá-lo, sendo que o ideal é acima de 85%.

As grandes mudanças que ocorreram no mercado exigem que cada vez mais as empresas sejam competitivas e, portanto, necessitam de desenvolvimento contínuo, que atualmente é condição fundamental para a sobrevivência de qualquer organização. Dessa forma, as empresas buscam cada vez mais eficiência dos sistemas produtivos e eliminar perdas que prejudicam o seu desenvolvimento (RAPOSO, 2011).

A manutenção possui grande importância nessa melhoria, pois grande parte das falhas será corrigida junto à manutenção ou especificamente pela manutenção. Com o auxílio do OEE para identificar essas falhas, a empresa torna-se mais competente para atuar sobre tais eventos prejudiciais, aumentando assim sua competitividade e desenvolvimento.

O OEE permite a organização escolher a melhor forma de atuar em cada evento para aumentar o índice de cada fator componente do cálculo.

1.2 JUSTIFICATIVA

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

O estudo detalhado do OEE permitirá a organização conhecer seus maiores problemas e assim elaborar a melhor estratégia de correção ou prevenção, de forma que poderá melhorar seus indicadores como custo, satisfação dos clientes, disponibilidade dos equipamentos, entre outros.

Sabemos que a manutenção na maioria das empresas ainda é deixada em segundo plano devido à alta produtividade exigida, o que faz com que o nível de atuação ainda seja prejudicado. Com a introdução da metodologia do OEE, permitirá a organização conhecer melhor suas falhas que prejudicam o desempenho e assim incorporar a manutenção na operação, de forma que a atuação dos setores proporcione melhor desempenho à empresa.

Como o setor logístico ainda é muito defasado em relação a esse tipo de indicador que permite encontrar as falhas e atuar sobre elas, o autor propõe um estudo dos fatores que influenciam no cálculo do OEE dos equipamentos de produção e facilitar a manutenção e toda organização a encontrar e corrigir/prevenir tais problemas.

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

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

Com a aplicação da metodologia do OEE, a organização terá maior efetividade em seus processos e consequentemente redução de custos e desperdícios, maior eficiência nas manutenções e maior disponibilidade dos equipamentos para realização de tarefas e satisfação dos clientes.

1.3 ESCOPO DO TRABALHO

O trabalho consiste em aplicar toda pesquisa relacionada em uma empresa do setor logístico, mais precisamente do setor de transporte logístico rodoviário de cargas fracionadas.

Serão estudados os equipamentos de produção, aos quais se limitam apenas os caminhões pertencentes à empresa.

Para os cálculos de disponibilidade serão utilizados os tempos em que os veículos ficaram sobre ação de alguma manutenção, impossibilitados de operarem em relação ao tempo total de operação da empresa, no qual o veículo deveria estar disponível para utilização da produção.

Para obtenção do desempenho, utilizaremos a quantidade de entregas programadas durante o mês relacionado com a quantidade de entregas realizadas durante o mesmo período. Estes dados serão disponibilizados pelo setor responsável pelo acompanhamento de rastreamento.

Para análise da qualidade, serão usados dados de total de cargas transportadas em relação ao número de cargas avariadas que são rejeitadas pelo cliente.

Serão analisados equipamentos de espécies diferentes separadamente, devido ao nível de utilização interferir nos valores obtidos.

O estudo definirá desde os equipamentos escolhidos para análise até a obtenção das principais falhas que prejudicam o processo de melhorias contínuas.

1.4 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS

O principal objetivo do trabalho é aplicar os conceitos do OEE em uma empresa do setor logístico, medir seus resultados, propor e aplicar e medir o resultado das ações no desempenho da empresa.

Espera-se que, com base no cálculo do OEE, sejam identificadas as principais falhas que prejudicam o desempenho da empresa e de forma estruturada, atuar na eliminação das mesmas.

1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA

Conforme Miguel (2010) este trabalho é de natureza aplicada, uma vez que os resultados aqui obtidos serão aplicados nas empresas como forma de alcançar desenvolvimento e melhorias contínuas.

Em relação aos objetivos da pesquisa, pode-se dizer que é uma pesquisa descritiva no qual irá descrever como obter o indicador OEE com a finalidade de melhorar a gestão de

manutenção da empresa.

Este estudo possui uma abordagem quantitativa, pois o estudo será realizado através de dados coletados na empresa para obtenção do indicador.

O método utilizado para estudo do trabalho será experimento, onde serão aplicados os dados coletados para validação do indicador OEE.

A Figura 1 apresenta de forma esquemática a descrição da metodologia apresentada anteriormente.

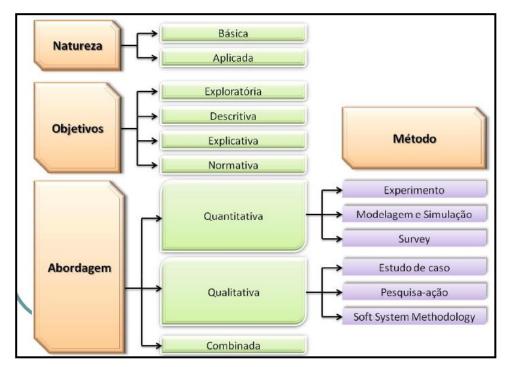


Figura 1 – Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção Fonte: Miguel, 2010 (Adaptado)

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

De forma a obter melhor resultado através dos conceitos estudados e conhecimentos adquiridos, o trabalho foi dividido em 5 partes, descritas a seguir.

Capítulo 1- Introdução:

Neste primeiro capítulo serão apresentadas as considerações iniciais para o trabalho, a justificativa da escolha de realizar esta abordagem numa empresa do setor de transporte logístico, a metodologia em que o estudo baseara-se, a estrutura em que o trabalho irá ser desenvolvido e por fim um cronograma de todas as atividades.

Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica:

Apresentará a revisão da bibliografia sobre manutenção, observando as metodologias mais aplicadas, e ferramentas de auxílio para uma boa gestão de manutenção. Além de indicadores de desempenho que permitem uma análise em busca de melhorias para a organização. E principalmente o estudo sobre o OEE, foco do trabalho, que visa um aumento de competitividade, disponibilidade, qualidade e eficiência para a empresa.

Capítulo 3 – Resultados

Serão aplicadas as metodologias desenvolvidas em busca de melhorias para o setor de manutenção e operação da empresa do setor de transporte, juntamente com os resultados obtidos, buscando demonstrar para a empresa as áreas que apresentam as falhas mais prejudiciais para a organização.

Capítulo 4 – Conclusão

Irá descrever uma análise da metodologia e dos resultados obtidos, apresentando os setores críticos onde a empresa deverá atuar para que possa aumentar sua competitividade no mercado.

1.7 CRONOGRAMA

	Meses	Nove	mbro	Deze	mbro	Jan	eiro	Feve	reiro	Ma	rço	Ab	ril	М	aio	Jur	nho	Jul	ho	Ago	osto	Sete	mbro	Out	ubro	Nove	mbro
Itens	Quinzenas	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª
1 - Revisão Bibliográfi		Χ	X	Χ	Χ																						
2 - Proposi Metodolo	•					Χ	X	Χ																			
3 - Análise	dos Dados					X	X	X	Χ	Χ	X	Χ	Χ	X	X	X	X	X	X								
4 - Aplicaçã Metodolo										Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	X	Χ	Χ	Χ	X	Χ	X	Χ	Χ	Χ	Χ	X
5 - Análise Resultados																Χ	Χ	Χ	Χ	X	Χ	Χ	Χ	X	Χ	Χ	X
6 - Elabora Relatório	ção do	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Χ	X	X	X	X	X	Χ	X	X	Χ	Χ	X	X	X	X	X	X

Tabela 1 – Cronograma. Fonte: Elaborado pelo Autor

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Atualmente as empresas buscam cada vez mais se manterem competitivas no mercado. Uma tarefa que requer competências altamente qualificadas em todos os setores, inclusive naqueles que eram deixados em segundo plano há alguns anos atrás. A manutenção ganhou destaque com o aumento da competitividade, passando a ser tão importante quanto o setor produtivo, pois um está diretamente ligado ao outro em relação à eficiência global da empresa.

2.1 MANUTENÇÃO

A palavra manutenção é derivada do latim *manus tenere*, que significa manter o que se tem, e está ligada aos homens há muitos anos, desde o início dos manuseios de instrumentos de produção. (VIANA, 2002).

Manutenção é definida pela NBR 5462-1994 do seguinte modo: "Combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida" (NBR 5462-1994).

Para Kardec e Nascif (2009), manutenção significa garantir a confiabilidade e disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de tal forma que possa atender um processo de produção ou de serviço, prevalecendo a segurança, preservando o meio ambiente e custos adequados.

A manutenção possui um histórico negativo, sendo vista como um setor gerador de custos para as empresas. Atualmente, a economia globalizada exige competitividade de tal forma que é de essencial importância melhorias e redução de custos nos processos produtivos, fazendo com que seja necessário o aumento de equipamentos e processos. Com isso, a manutenção passou a ser mais importante (SIQUEIRA, 2009), vista como uma estratégia de vantagem competitiva, pois esta pode influenciar positiva ou negativamente prioridades competitivas da manufatura (MENDES, 2011; PINJALA et al., 2006).

O sistema de produção *Just-in-Time* provocou a automação em larga escala e a redução de estoque, portanto, rupturas de fluxos produtivos podem causar sérios danos econômicos à manufatura e rapidamente. Com isso a manutenção aumentou sua importância na estratégia de produção (MÁRQUEZ E GUPTA, 2006).

Devido à maior necessidade de disponibilidade das máquinas e equipamentos ao longo do tempo, tem sido exigidas maior articulação e estratégia na execução da função manutenção (RAMOS FILHO et al., 2010). Estes ativos requerem elevados investimentos, portanto, para maximizar o retorno deve-se maximizar também a utilização dos mesmos (RAPOSO, 2011). Equipamentos e máquinas operando em condições diferentes da ótima podem acarretar em danos irreparáveis em mercados competitivos (MÁRQUEZ et al., 2009). Custos relacionados à geração de refugos ou retrabalhos em processos, geralmente são provenientes de falhas no planejamento ou na execução da manutenção. Tais problemas repercutem na confiabilidade do processo, colocando em risco a competitividade da empresa (PARDIA e CHATTOPADHYAY, 2007). As empresas devem garantir a confiabilidade e disponibilidade das máquinas e equipamentos através da gestão estratégica da manutenção, com a finalidade de se manterem competitivas no mercado (TSANG, 2002; RAPOSO, 2011).

Para aumento da eficiência, ABRAMAN defende o aumento da qualificação da mãode-obra, que possibilita a implantação de metodologias mais complexas e que geram melhores resultados. Conforme a Tabela 2.

	Qual	ificação do	Pessoal de	Manutençã	o (%)
Ano	Nível	Técnico	MOB	MOB Não	Não
	Superior	Niv. Méd.	Qualif.	Qualif.	Classif.
2013	6,76	15,48	39,85	7,21	30,70
2011	8,76	17,00	40,79	7,56	25,89
2009	8,36	16,94	38,88	8,34	27,48
2007	8,70	18,25	40,46	6,72	25,87
2005	7,06	16,07	36,05	7,91	32,91
2003	7,20	14,85	40,62	4,94	32,39
2001	7,64	14,81	38,72	7,63	31,20
1999	7,08	13,35	38,06	6,77	34,74
1997	6,18	14,78	40,63	8,07	30,34
1995	6,65	13,52	17,15	8,81	53,87

Tabela 2 – Qualificação Pessoal da Manutenção Fonte: ABRAMAN, 2013 (Adaptado).

De maneira geral, quando comparado à operação a equipe de manutenção é mais qualificada. Isso se deve normalmente a capacitação através da própria empresa e por órgãos com SENAI, entre outros.

Porém, analisando a Tabela 1 percebe-se que a capacitação do time de manutenção percentualmente não tem se alterado ao longo dos anos. Isto pode estar relacionado aos problemas econômicos que o país tem vivido nos últimos 7 anos.

Segundo Kardec e Nascif (2009), existem algumas ferramentas disponíveis e adotadas que possuem no nome a palavra Manutenção, sendo as principais citadas abaixo:

- Manutenção Produtiva Total (TPM) ou *Total Productive Maintenance*.
- Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM) ou Reliability Centered Maintenance.

Porém não são novos tipos de manutenção e sim ferramentas para aplicação dos principais tipos de manutenção, que são:

- Manutenção Corretiva.
 - Não Planejada.
 - Planejada.
- Manutenção Preventiva.
- Manutenção Preditiva.
- Manutenção Detectiva.
- Engenharia da Manutenção.

Todos esses tipos de manutenção podem ser considerados como políticas de manutenção, desde que sua aplicação seja o resultado de uma definição gerencial ou política global da instalação, orientada em dados técnico-econômicos (KARDEC & NASCIF, 2009).

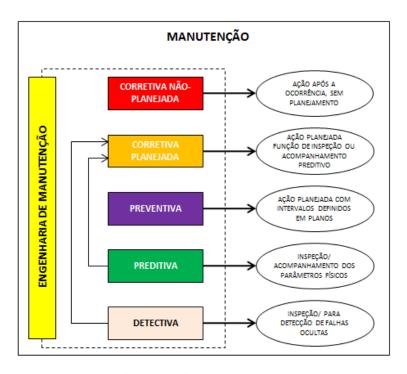


Figura 2 – Tipos de Manutenção Fonte: KARDEC & NASCIF, 2009 (Adaptado).

2.1.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA

A Manutenção Corretiva é a intervenção que se faz necessária imediatamente para evitar graves consequências aos instrumentos de produção, à segurança do trabalhador ou ao meio ambiente (VIANA, 2002).

Para a NBR 5462-1994, manutenção corretiva é a manutenção realizada após a ocorrência de uma pane, destinada a recolocar um item em condições de executar uma função determinada. Dessa forma, a manutenção corretiva espera um erro ocorrer para que assim seja feita uma intervenção, seguindo uma lógica de que não se deve mexer se está funcionando.

Kardec e Nascif (2009) definem manutenção corretiva como a atuação para a correção da falha ou do desempenho exercido pelo equipamento ou sistema, menor do que o esperado.

É um tipo de manutenção muito utilizada ainda nos dias de hoje e consiste em duas condições específicas para que seja praticada: quando apresenta desempenho menor que o esperado apontado pelo acompanhamento das variáveis operacionais (KARDEC & NASCIF, 2009), e quando há ocorrência de falha. Dessa forma, a manutenção corretiva consiste em corrigir ou restaurar as condições de funcionamento do equipamento ou sistema (KARDEC & NASCIF, 2009).

A manutenção corretiva pode ser dividida de duas formas, a não planejada e a

planejada.

Manutenção Corretiva Não Planejada:

Também conhecida como Manutenção Corretiva Não Programada ou Emergencial, é caracterizada pela atuação em um fato já ocorrido, seja uma falha ou um desempenho menor que o esperado, onde não a tempo para preparação do serviço (KARDEC & NASCIF, 2009).

A manutenção corretiva não planejada, geralmente, apresenta altos custos, pois uma parada inesperada pode acarretar em perdas de produção e de qualidade. Além de acarretar custos indiretos elevados de manutenção, pois as consequências para o equipamento pode ser grave e os danos serem maiores que o esperado (KARDEC & NASCIF, 2009).

A empresa que possui a manutenção corretiva não planejada como a principal estratégia de manutenção possui desempenho baixo e certamente não estão em níveis de competitividades atuais (KARDEC & NASCIF, 2009).

O Gráfico 1 a seguir apresenta a queda de desempenho com o tempo em uma manutenção corretiva não planejada.

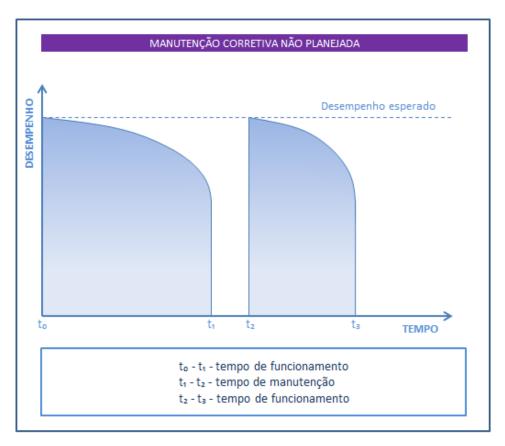


Gráfico 1– Manutenção Corretiva Não Planejada Fonte: KARDEC & NASCIF, 2009 (Adaptado).

Conforme apresentado no Gráfico 1, se mostra através da diferença de tempo de funcionamento do intervalo t_2 - t_3 que ocorreu depois da manutenção corretiva (apresentada no intervalo t_1 - t_2) em relação ao intervalo t_0 - t_1 que ocorreu antes da manutenção corretiva, esta portanto apresentando um tempo de funcionamento consideravelmente maior.

Manutenção Corretiva Planejada

Manutenção Corretiva Planejada é a atuação no equipamento ou sistema de forma a corrigir o desempenho menor que o esperado ou a falha através de decisão gerencial Essa decisão gerencial é pode ser baseada nas mudanças de parâmetros das condições observadas pela manutenção preditiva. (SELEME, 2015, P.39).

Apesar da decisão gerencial de deixar o equipamento em funcionamento até que ocorra a quebra, existe um planejamento que apresenta algumas vantagens em relação à Manutenção Corretiva Não Planejada. A Manutenção Corretiva Planejada apresenta custos mais baratos, por possuir menor tempo de parada, pois o planejamento garante equipamentos sobressalentes, ferramentas, mão-de-obra e tecnologia qualificada e capacitada para execução dos serviços em quantidade suficiente. Disponibiliza maior segurança, na qual não provoca qualquer situação de risco para o pessoal ou para instalação. Possibilita, também, compatibilizar a necessidade de intervenção com os interesses da produção (KARDEC & NASCIF, 2009).

A principal característica da manutenção corretiva planejada é função da qualidade das informações fornecidas pelo acompanhamento do determinado equipamento analisado (KARDEC & NASCIF, 2009; SELEME, 2015).

2.1.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Para Viana (2002), manutenção preventiva significa a realização de serviço de manutenção em máquinas que não apresentam falha nem queda de rendimento, estando operando em condições de zero defeito. Estas intervenções para realização dos serviços de manutenção possuem intervalos predeterminados ou de acordo com critérios prescritos, com o objetivo de reduzir falhas. Este tipo de abordagem busca incansavelmente eliminar a ocorrência da falha ou parada.

Manutenção Preventiva consiste em realizar atuações de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado pela gestão de manutenção, baseado em intervalos de tempo definidos (SELEME, 2015; KARDEC &

NASCIF, 2009).

Panes inesperadas ocasionam paradas no processo de produção, aumentando assim os custos de manutenção e produção. Essa metodologia tende a minimizar ao máximo essas paradas imprevistas, pois de acordo com a estratégia de manutenção, o intervalo de tempo para que sejam feitas as devidas intervenções é considerado ótimo ou o mais próximo do ótimo (VIANA, 2002).

Trata-se de uma política totalmente inversa a Manutenção Corretiva, pois busca evitar a ocorrência de falhas. Porém, a chance da falha ocorrer durante a vida útil do equipamento existe apesar das chances serem mínimas (KARDEC & NASCIF, 2009).

A Gráfico 2 apresenta a ocorrência de uma falha que necessita de manutenção corretiva mesmo depois de realizadas manutenções preventiva.

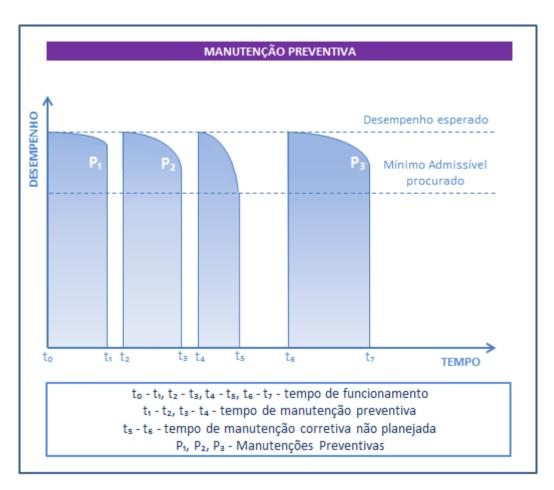


Gráfico 2 – Manutenção Preventiva Fonte: KARDEC & NASCIF, 2009 (Adaptado).

De acordo com os dados apresentado no Gráfico 2, podemos perceber que mesmo utilizando a política de manutenção preventiva (apresentada nos intervalos t₁ - t₂ e t₃ - t₄),

ocorrerá ocasionalmente manutenção corretiva, conforme apresentada no intervalo t_5 - t_6 , após uma queda de tempo de funcionamento mostrados nos intervalos t_0 - t_1 , t_2 - t_3 e t_4 - t_5 .

As pautas de manutenção são definidas pela Gestão Estratégica da Manutenção de acordo com as análises feitas por profissionais da área e com os dados fornecidos pelo fabricante do equipamento, o que proporciona uma redução drástica no fator improvisação. Deste modo aumenta consideravelmente a qualidade do serviço em relação ao ambiente gerido por manutenção corretiva (VIANA, 2002).

Para Kardec e Nascif (2009) a manutenção preventiva terá maior aplicabilidade à forma que haja maior simplicidade na reposição, quando o custo da falha seja muito alto, quando a falha prejudique a produção ou quando coloque em risco a segurança do pessoal e operacional. Ainda segundo Kardec e Nascif (2009), existem alguns fatores que devem ser considerados para a aplicação de uma política de manutenção preventiva. Estes fatores estão mencionados a seguir.

- "Quando não é possível a manutenção preditiva.
- Aspectos relacionados com a segurança pessoal ou da instalação que torna mandatória a intervenção, normalmente para substituição de componentes.
- Por oportunidade em equipamentos críticos de difícil liberação operacional.
- Riscos de agressão ao meio ambiente.
- Em sistemas complexos e/ou de operação contínua"

A manutenção preventiva é a política mais aplicada atualmente, pois proporciona maior conhecimento das ações, gerenciamento das atividades, nivelamento de recursos, entre outros fatores. Porém, esta prática pode introduzir se não executada corretamente, alguns problemas anteriormente não existentes no equipamento, contaminação do sistema de óleo, danos durante partidas e paradas, principalmente devido à falha humana, falha dos procedimentos de manutenção ou falha de sobressalentes (KARDEC & NASCIF, 2009).

2.1.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA

Manutenção Preditiva é também conhecida como Manutenção sob Condição ou Manutenção com Base no Estudo do Equipamento. Segundo Kardec e Nascif (2009), pode ser definida como a atuação realizada baseada na modificação de parâmetros de condição ou desempenho, na qual o acompanhamento obedece a uma sistemática.

Para a NBR 5462-1994 manutenção preditiva é:

"Manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemáticas de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva".

Essa política de manutenção inclui atividades que utilizem técnicas para monitorar determinados equipamentos através de variáveis críticas. Estas variáveis devem informar as condições do equipamento. Tais informações podem ser adquiridas de forma sensitiva ou por instrumentação de campo (PERES e LIMA, 2008) permitindo identificar uma tendência no comportamento de um sistema produtivo ou de uma máquina isolada (RAMOS FILHO et al., 2010), ajudando a prever de forma mais precisa o momento em que a falha pode ocorrer e assim tomar uma decisão de intervir antes que esta falha ocorra de fato (SELLITTO et al., 2002). As técnicas mais utilizadas para obter essas informações são: ensaio por ultrassom, análise de vibrações mecânicas, análise de óleos lubrificantes e termografia (VIANA, 2002).

Seleme(2015), Kardec e Nascif (2009) consideram que para a adoção da Manutenção Preditiva são necessárias algumas condições básicas, que estão descritas a seguir:

- "O equipamento, o sistema ou a instalação devem permitir algum tipo de monitoramento/medição.
- O equipamento, o sistema ou a instalação devem merecer esse tipo de ação, em função dos custos envolvidos.
- As falhas devem ser oriundas de causas que possam ser monitoradas e ter sua progressão acompanhada.
- Seja estabelecido um programa de acompanhamento, análise e diagnóstico, sistematizado."

Os principais fatores que justificam a adoção da Manutenção Preditiva são em relação à segurança pessoal e operacional, qualidade do produto, redução de custos através das constates monitorações que proporcionam a redução de intervenções desnecessárias e, por último, manter o equipamento operando por mais tempo e de modo seguro (KARDEC & NASCIF, 2009).

Em relação a custos, a grande maioria das empresas associa a manutenção preditiva à alta tecnologia e com ela viria altos custos. Porém, Kardec e Nascif (2009) analisam os custos

de duas formas:

- "O acompanhamento periódico através de instrumentos/aparelhos de medição e análise não é muito elevado e quanto maior o progresso na área de microeletrônica, maior a redução de preços. A mão de obra envolvida não apresenta custo significativo, haja vista a possibilidade de acompanhamento, também, pelos operadores.
- A instalação de sistemas de monitoramento contínuo online apresenta um custo inicial relativamente elevado. Em relação aos custos envolvidos, estima-se que o nível inicial de investimento é de 1% do capital total do equipamento a ser monitorado e que um programa de acompanhamento de equipamentos bem gerenciado apresenta uma relação custo/benefício de 1/5.

A manutenção preditiva, conforme mencionado anteriormente, só intervém no equipamento quando é realmente necessário, portanto é a que oferece melhores resultados. A Gráfio 3 apresenta o desempenho em função do tempo confirmando o que foi concluído em relação aos resultados.

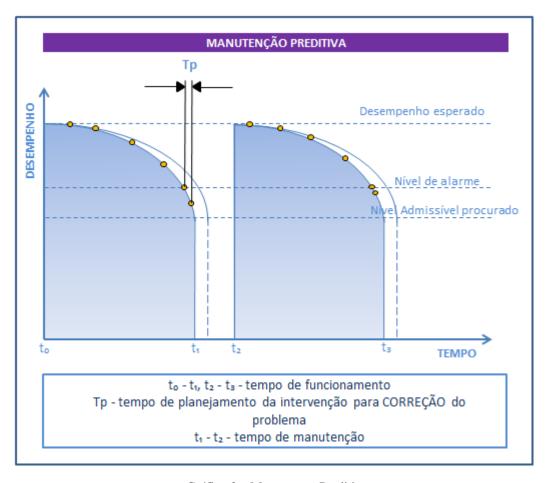


Gráfico 3 – Manutenção Preditiva Fonte: KARDEC & NASCIF, 2009 (Adaptado).

O Gráfico 3 apresenta o acompanhamento do desempenho do equipamento até chegar em um nível de alarme. A partir desse nível existe um tempo de planejamento e em seguida a intervenção da manutenção antes que o equipamento apresente um defeito mais grave, prejudicando uma manutenção mais rápida e eficiente e aumentando o custo da manutenção.

2.1.4 MANUTENÇÃO DETECTIVA

Para Kardec e Nascif (2009), Manutenção Detectiva significa efetuar atuação em sistemas de produção, comando e controle, buscando identificar falhas ocultas ou não possíveis de serem percebidas pelo pessoal de manutenção e operação.

São executadas tarefas de modo a conferir se um sistema de proteção ainda está funcionando. A identificação de falhas ocultas é fundamental para que seja garantida a

confiabilidade do sistema, pois se a confiabilidade não é alta, vários problemas de disponibilidade de equipamento serão ocasionados atrelados a essa falta de confiabilidade, principalmente devido ao excessivo número de paradas e ao não cumprimento da campanha programada (KARDEC & NASCIF, 2009).

A manutenção detectiva possibilita ter um maior domínio da situação, onde especialistas desse tipo de manutenção fazem verificações no todo o sistema, sem retirá-lo de operação. Esses especialistas detectam as falhas ocultas existentes e preferencialmente atuam na correção, mantendo o sistema operando (KARDEC & NASCIF, 2009).

2.1.5 ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO

Para Kardec e Nascif (2009), a Engenharia de Manutenção é uma quebra de paradigma na manutenção, pois sua prática significa uma mudança cultural.

Pinto (1998) diz que Engenharia de Manutenção significa principalmente uma mudança cultural, perseguir *benchmarks*, aplicar novas técnicas mais modernas.

A Gráfico 4 apresenta melhorias nos resultados relacionados principalmente a disponibilidade, confiabilidade, segurança, meio ambiente e a redução dos custos de acordo com a introdução de novas técnicas de manutenção.

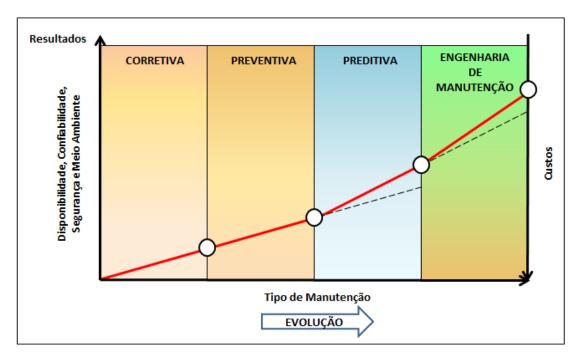


Gráfico 4 – Resultados x Tipos de Manutenção Fonte: KARDEC & NASCIF, 2009 (Adaptado).

Kardec e Nascif (2009) explana que a Engenharia de Manutenção possui as seguintes atribuições:

- "Aumentar a confiabilidade.
- Aumentar a disponibilidade.
- *Melhorar a manutenibilidade.*
- Aumentar a segurança.
- Eliminar problemas crônicos.
- Solucionar problemas tecnológicos.
- Melhorar a capacitação pessoal.
- Gerir materiais sobressalentes.
- Participar de novos projetos (interface coma engenharia).
- Dar suporte a execução.
- Fazer análise de falhas e estudos.
- Elaborar planos de manutenção e de inspeção e fazer sua análise crítica.
- Acompanhar indicadores.
- Zelar pela documentação teórica".

Kardec e Nascif (2009) ainda dizem que a Engenharia de Manutenção é o suporte técnico que uma manutenção empenhada em consolidar a rotina e implantar a melhoria necessita. Pois segundo estes autores, enquanto a manutenção não estiver adotando a manutenção preditiva, o número de intervenções para manutenção corretiva para resolver problemas de quebras será alto e com isso não haverá ninguém para pensar em Engenharia de Manutenção.

2.2 FERRAMENTAS DA MANUTENÇÃO

2.2.1 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM)

A sigla TPM (*Total Productive Maintenance* ou Manutenção Produtiva Total) surgiu oficialmente em 1971, no JIPM (*Japanese Institute of Plant Maintenance* ou Instituto Japonês de Manutenção de Fábrica), onde a ênfase inicial era introduzir a metodologia apenas nas plantas fabris, tardando um pouco para chegar aos demais setores empresariais

(NAKAMURA, 2007). Inicialmente restrita apenas ao setor apenas ao setor produtivo tinha os seguintes objetivos: alcançar a máxima eficiência do equipamento, estabelecer um sistema de manutenção total durante toda vida útil do equipamento e operar em todos os setores que necessitassem de algum equipamento, seja o setor de planejamento, operação ou manutenção (SUZUKI, 1994).

A definição de TPM dada pelo JIPM, consiste em um esforço elevado para a implementação de uma cultura coorporativa, buscando melhorar a eficiência dos sistemas produtivos, prevenindo todos os tipos de perdas, alcançando o zero defeito, zero acidente e zero falha durante toda vida útil do equipamento, seja do setor de Produção, *Marketing*, Administração ou Desenvolvimento, com envolvimento pleno de todos os colaboradores da empresa, desde a produção até a alta administração, com atividades de pequenos grupos. (JIPM, 2002).

Segundo Kardec e Nascif (2009) alguns conceitos foram disseminados com base do TPM, estão estes relacionados a seguir:

- "Cada um deve exercer o autocontrole.
- A minha máquina deve ser protegida por mim.
- Homem, máquina e empresa devem estar integrados.
- A manutenção dos meios de produção deve ser preocupação de todos."

Dessa forma a TPM objetiva melhoramentos introduzidos nos equipamentos, mas também objetiva a maior qualificação das pessoas de modo que estas pessoas, juntamente com a organização, estejam aptas a gerenciar as fábricas do futuro, dotadas de automação (KARDEC & NASCIF, 2009).

A TPM apóia em oito pilares para atingir a maior eficiência produtiva. Esses pilares estão representados na Figura 3 abaixo.

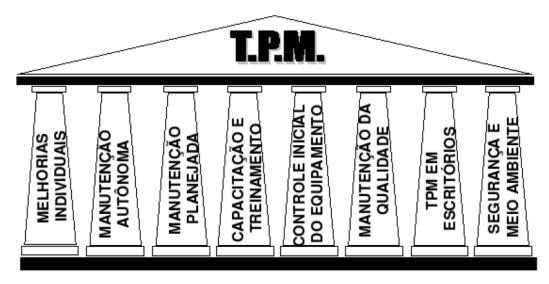


Figura 3 – Os pilares de sustentação do programa TPM Fonte: SINGH et al., 2013

Kardec e Nascif (2009) descrevem os pilares da manutenção da seguinte forma:

MELHORIAS INDIVIDUAIS

Ter foco centrado na melhoria global do negócio, onde se caminha para reduzir os problemas e melhorar o desempenho, conforme apresentado na Figura 4.

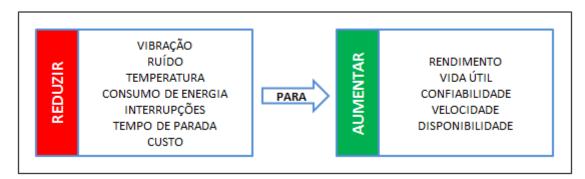


Figura 4 – Reduzir Problema e Aumentar Desempenho Fonte: KARDEC & NASCIF, 2009 (Adaptado).

MANUTENÇÃO AUTÔNOMA

Entender a filosofia TPM, onde é preciso ter autogerenciamento e controle, elaborar e cumprir os padrões da empresa e ter liberdade de ação.

MANUTENÇÃO PLANEJADA

Para que este pilar aconteça, é preciso ter planejamento e controle real da

manutenção, onde é necessário treinamento, sistema mecanizado de planejamento da programação diária e planejamento de paradas.

• CAPACITAÇÃO E TREINAMENTO

Aumentar a capacitação de todos os colaboradores da manutenção e operação através de treinamentos.

• CONTROLE INICIAL DO EQUIPAMENTO

Estabelecer um gerenciamento da fase inicial de novos equipamentos, eliminando falhas no nascedouro e implantando sistemas de monitoramento.

• MANUTENÇÃO DA QUALIDADE

Consiste em estabelecer um programa de defeito zero, ou seja, a equipamento não pode parar durante o período em que foi programada para operar.

• TPM EM ESCRITÓRIO

Estabelecer um programa TPM nas áreas administrativas com a finalidade de aumentar a eficiência.

• SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE

Estabelecer um sistema de saúde, segurança e meio ambiente.

Para a implantação da TPM, Kardec e Nascif (2009) apresenta o esquema de doze etapas esquematizadas no Quadro 1 abaixo.

Fase	Nº	Etapa	Ações
	1	Comprometimento da	• Divulgação da TPM em todas as áreas da
		alta administração	empresa
			• Divulgação através de jornais internos
	2	Divulgação e treinamento	 Seminário interno dirigido a gerentes
		inicial	de níveis superior e intermediário
			Treinamento de operadores
	3	Definição do Órgão ou	• Estruturação e definição das pessoas do
		Comitê responsável pela	Comitê de Implantação
		implantação	
	4	Definição da Política e	• Escolha das metas e objetivos a serem
		Metas	alcançados
	5	Elaboração do Plano	• Detalhamento do plano de implantação
		Diretor de Implantação	em todos os níveis
Intro-	6	Outras atividades	Convite a fornecedores, a clientes e
dução		relacionadas com a	empresas contratadas
		introdução	
	7	Melhorias em máquinas e	• Definição de áreas e/ou equipamentos
-		equipamentos	e estruturação das equipes de trabalho
	8	Estruturação da	Implementação da Manutenção
		Manutenção Autônoma	Autônoma, por etapas, de acordo com
			programa • Auditoria de cada etapa
-	9	Estruturação do Setor de	Auditoria de cada etapaCondução da Manutenção Preditiva
	9	Manutenção e condução	Sobressalentes, Ferramentas e
		da Manutenção Preditiva	Desenho
-	10	Desenvolvimento e	Treinamento de pessoal de operação
	10	capacitação de pessoal	para desenvolvimento de novas
		capacitação de pessoai	habilidades relativas a manutenção
			Treinamento de pessoal de manuten-
			ção para análise, diagnóstico e etc.
			 Formação de líderes
			Educação de todo o pessoal
-	11	Estrutura para controle e	Gestão do fluxo inicial
		gestão dos equipamentos	LCC (Life Cycle Cost)
		numa fase inicial	, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,
Con-	12	Realização da TPM e seu	Candidatura ao Prêmio PM
			* Dugge de chietius mesis embisis es
soli-		aperfeiçoamento	 Busca de objetivos mais ambiciosos

Quadro 1 – Implementação da TPM Fonte: KARDEC & NASCIF, 2009 (Adaptado).

2.2.2 MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE (RCM)

A RCM (*Reliability Centered Maintenance* ou Manutenção Centrada em Confiabilidade) teve origem na indústria aeronáutica dos Estados Unidos, tendo suas técnicas e conceitos aplicáveis em outros setores industriais (SIQUEIRA 2009).

SELLITTO (2007) descreve a Manutenção Centrada em Confiabilidade como um método de suporte de decisões com capacidade de aumentar a confiabilidade do sistema de produção.

Confiabilidade é definida pela NBR 5462-1994 como a capacidade de um item

desempenhar uma determinada função de acordo com as condições especificadas, durante um período de tempo.

Para Kardec e Nascif (2009) "A Confiabilidade é a *probabilidade* de um item desempenhar uma *função requerida* sob *condições definidas de uso* durante um *intervalo de tempo* estabelecido".

A confiabilidade é representada na distribuição exponencial a seguir:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$
 Equação 1 – Confiabilidade

Onde:

R(t)= confiabilidade a qualquer tempo.

e = base de logaritmos neperianos.

 $\lambda = \tan \alpha$ de falhas (número total de falhas por operação).

t= tempo previsto de operação.

A descrição dos itens destacados acima facilita a compreensão da confiabilidade.

• Probabilidade:

Pode ser descrita como a relação dos números de casos favoráveis e o número de casos possíveis em um determinado intervalo de tempo. É expressa quantitativamente em números entre 0 e 1 ou 0 e 100% (KARDEC & NASCIF, 2009).

• Função requerida:

Significa o limite onde é admissível abaixo do qual a função não é mais satisfatória (KARDEC & NASCIF, 2009).

• Condições definidas de uso:

Condições definidas de uso podem ser entendidas como as condições em que o equipamento opera e como o equipamento opera, pois esses fatores podem afetar a confiabilidade (KARDEC & NASCIF, 2009).

• Intervalo de Tempo:

Conforme analisado na fórmula de cálculo da confiabilidade, onde a mesma segue uma distribuição exponencial que varia de acordo com o tempo, o intervalo de tempo definido e medido é de fundamental importância para a validação do nível de confiabilidade (KARDEC & NASCIF, 2009).

Portanto a RCM é considerada uma metodologia que estuda um equipamento ou sistema de forma mais detalhada, analisando como ele pode falhar e definindo a melhor forma de fazer manutenção, prevenindo a falhar ou minimizando as perdas decorrentes das falhas (KARDEC & NASCIF, 2009).

2.3 INDICADORES DE DESEMPENHO DA MANUTENÇÃO

Nascif (2011) define que indicadores são medidas obtidas ou dados numéricos estabelecidos sobre determinados processos ou equipamentos que queremos controlar.

ABRAMAN (2011) registrou em seu relatório quais os principais indicadores utilizados atualmente pelas empresas mais competitivas. Na Tabela 3 a seguir, estão tabelados tais indicadores juntamente com suas devidas proporções no decorrer dos anos.

Principais Indicadores de Desempenho Utilizados (Graus de Importância - GI)						GI 2009			
Tipos	1995	1997	1999	2001	2003	2005	2007	2009	2003
Custos	26,21	26,49	26,32	25,91	21,45	21,96	20,33	18,98	2
Frequencia de Falhas	17,54	12,2	14,24	16,22	11,66	12,17	9,75	9,81	6
Satisfação dos Clientes	13,91	11,01	11,76	11,86	8,62	8,11	8,93	9,38	7
Disponibilidade Operacional	25,2	24,7	22,6	23,24	19,58	19,81	18,51	20,68	1
Retrabalho	9,07	5,65	8,36	8,96	6,06	6,68	3,97	5,33	8
Backlog	8,07	6,55	8,98	10,41	9,32	6,92	11,57	10,02	5
Não Utilizam	-	2,09	2,79	1,22	1,63	0,72	0,33	1,07	9
TMPF (MTBF)	-	-	-	-	11,89	11,69	14,21	12,79	3
TMPR (MTTR)	-	-	-	-	9,56	11,46	11,74	11,94	4
Outros Indicadores	-	11,31	4,95	2,18	0,23	0,48	0,66	0	10

Tabela 3 – Principais Indicadores de Desempenho Utilizados Fonte: ABRAMAN, 2011.

Observa-se pela tabela 2 que indicadores como custo, satisfação dos clientes e disponibilidade operacional se mantem ao longo do tempo. Porém novos indicadores surgiram a partir de 2003 tais como TMPF (Tempo Médio para Falhas) e TMPR (Tempo Médio para Reparo). Esses indicadores são empregados para calcular a confiabilidade e manutenabilidade.

A descrição e a forma de cálculo dos indicadores serão expostas a seguir.

2.3.1 CUSTOS

Este indicador é um dos mais importantes para ser analisado, pois a maioria das empresas considera que a manutenção é apenas geradora de custo, pois não agrega valor ao seu produto final e, portanto não carece de muitos investimentos (KARDEC & NASCIF, 2009).

O custo é constituído pela soma de todos os gastos atrelados a manutenção (custo da mão de obra própria, custo do serviço de terceiros e custo material) em um determinado período. Porém existem duas formas para analisar o custo da manutenção em nível empresarial (KARDEC & NASCIF, 2009).

A primeira dessas formas, segundo ABRAMAN (2013) é o Custo de Manutenção em relação ao faturamento bruto da empresa. A Tabela 4 a seguir mostra no decorrer dos anos o valor do PIB (Produto Interno Bruto) nacional, o custo da manutenção em porcentagem e o custo da manutenção em valor monetário.

CUSTO DA MANUTENÇÃO NO BRASIL					
Ano da Pesquisa	Ano Base	PIB (Milhões de R\$)	CTM/FB (%)	Custo (Milhões de R\$)	
2013	2012	4.403.000	4,69	206.500,700	
2011	2010	3.675.000	3,95	145.162,500	
2009	2008	2.900.000	4,14	120.060,000	
2007	2006	2.322.000	3,89	90.325,800	
2005	2004	1.769.202	4,10	72.537,282	
2003	2002	1.346.028	4,27	57.475,396	
2001	2000	1.101.255	4,47	49.226,099	
1999	1998	914.188	3,56	32.545,093	
1997	1996	778.887	4,39	34.193,139	
1995	1994	349.205	4,26	14.876,133	

Tabela 4 – Custos de Manutenção no Brasil Fonte: ABRAMAN, 2013.

A segunda forma é o Custo da Manutenção em relação ao patrimônio (ou Valor Estimado dos Ativos). Onde este indicador, também apresentado em dados de porcentagem, é considerado aceitável com um índice menor ou igual a 6% (VIANA, 2002).

2.3.2 FREQUÊNCIA DE FALHAS

O termo falha é geralmente utilizado para identificar uma situação em que um determinado equipamento não apresenta o desempenho esperado.

Kardec e Nascif (2009) definem falha como a interrupção da função de um item ou incapacidade de realizar tal função a um padrão de desempenho esperado.

A frequência de falhas é calculada pela relação do número de falhas por um determinado período de tempo pré-estabelecido. A equação (2) a seguir representa este cálculo, onde λ é a frequência de falhas.

$$\lambda = rac{ extit{N\'umero de Falhas}}{ extit{N\'umero de Horas de Operç\~ao}}$$

A curva da banheira (conhecida assim pelo seu formato) demostra a curva da característica de vida dos equipamentos, indicando os períodos que apresentam maior número de falhas.

A Mortalidade Infantil e o Envelhecimento apresentam maior número de falhas devido a problemas de fabricação, projeto ou instalação e por desgaste natural, respectivamente. Durante a Vida Útil, a quantidade de falhas é sensivelmente menor e relativamente constante. (KARDEC & NASCIF, 2009).

O Gráfico 5 a seguir apresenta a curva da banheira descrita anteriormente.

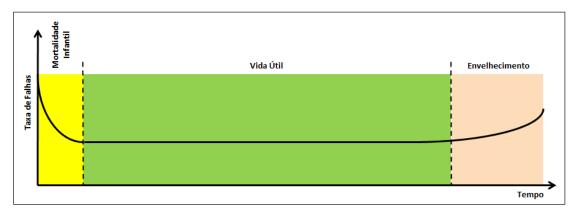


Gráfico 5 – Curva da Banheira Fonte: KARDEC & NASCIF, 2009 (Adaptado).

2.3.3 SATISFAÇÃO DOS CLIENTES

A principal razão de uma empresa existir é o cliente. Portanto é necessário conhecer bem suas necessidades, fazer o que é preciso para atendê-los bem e superar suas expectativas.

Essas necessidades são conhecidas a partir de aplicação de questionários com a finalidade de levantar informações precisas para depois atuar sobre essas informações.

Na indústria, o principal cliente da manutenção é a operação. Para atendê-los bem e satisfazer suas necessidades é preciso obter resultados que são disponibilidade dos equipamentos e funcionamento adequado dos equipamentos (KARDEC & NASCIF, 2009).

2.3.4 DISPONIBILIDADE OPERACIONAL

A NBR 5462 - 1994 define disponibilidade como a capacidade de um item estar apto a executar uma determinada função durante um intervalo de tempo pré-estabelecido, levando em consideração os aspectos de confiabilidade.

A disponibilidade pode ser calculada como a fração do tempo em que o equipamento ou sistema esteve operando em relação ao tempo total existente para operar.

A equação (3) a seguir apresenta a relação mencionada anteriormente.

$$Disponibilidade\ Operacional = \frac{\sum horas\ disponíveis\ para\ produção}{\sum horas\ totais}$$
 Equação 3 - Disponibilidade

Este indicador é de fundamental importância para a manutenção, pois o principal objetivo da manutenção é manter os equipamentos disponíveis para operação.

ABRAMAN (2013) apresenta o Gráfico 6 com as disponibilidades de operação das empresas brasileiras no decorrer dos anos, desde 1997 até 2013.

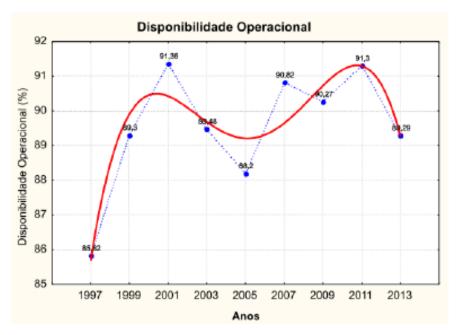


Gráfico 6 – Disponibilidade de Operação Fonte: ABRAMAN, 2009.

2.3.5 RETRABALHO

Segundo Viana (2002) o indicador de retrabalho representa a quantidade de horas trabalhadas em manutenções já encerradas, mas que necessitaram de novas intervenções por qualquer motivo, em relação ao total trabalhado no período.

A Equação 4 demostra a forma de cálculo do indicador.

$$Retrabalho = \frac{\sum serviços \ executados \ no \ mesmo \ equipamento}{serviços \ executados}$$
 Equação 4 - Retrabalho

A finalidade deste indicador é verificar a qualidade dos serviços de manutenção, ou seja, se as intervenções estão sendo definitivas. Quanto mais próximo de zero for o valor obtido, menor é a ocorrência de retrabalho (VIANA, 2002).

2.3.6 BACKLOG

Para Nascif (2011), o *BackLog* ou carga futura de trabalho, indica quantos homens hora (HH) serão necessários para executar determinada tarefa.

Tal indicador ajuda a programar as manutenções para que não haja sobrecarga nem necessidade de contratar mão-de-obra terceirizada. Nascif (2011) considera que o *BackLog* não pode ser superior a 15 dias.

A equação 5 apresenta a forma de calcular o *BackLog*.

$$BackLog = \frac{\sum HH \ necess\'{a}rio \ para \ executar \ os \ serviços \ programados}{\sum HH \ dispon\'{i}veis \ para \ executar \ os \ serviços \ di\'{a}rios} \qquad \text{Equação 5 - BackLog}$$

2.3.7 TEMPO MÉDIO ENTRE FALHAS

Para Kardec e Nascif (2009), o MTBF (*Mean Time Between Failures* ou Tempo Médio Entre Falhas) é uma medida simples de confiabilidade de itens reparáveis e, geralmente, está relacionada à vida média de uma população.

A forma de se obter esse indicador é através da divisão da soma das horas disponíveis do equipamento para operação pelo número intervenções corretivas executadas neste determinado equipamento no mesmo período (VIANA, 2002), conforme apresentado na equação (6) a seguir.

$$MTBF = \frac{\sum tempos\ de\ bom\ funcionamento}{N\'umero\ de\ intervalos\ observados}$$

Equação 6 - MTBF

Este indicador é muito útil para observar o comportamento dos equipamentos, onde se o MTBF estiver aumentando, significa que estão diminuindo as ações corretivas e consequentemente aumentando o tempo disponível para operação (VIANA, 2002).

2.3.8 TEMPO MÉDIO PARA REPARO

Viana (2002) considera que o MTTR (*Mean Time to Repair* ou Tempo Médio para Reparo) é obtido pela divisão do somatório do tempo indisponível de operação devido a intervenções da manutenção (incluindo manutenções corretivas e preventivas), pelo número total de intervenções. A equação (7) demostra como é encontrado o valor do MTTR.

$$MTTR = \frac{\sum tempos \ de \ reparos}{Numero \ de \ intervenções \ observadas}$$
 Equação 7 - MTTR

De acordo com a diminuição do MTTR ao passar do tempo, significa que a manutenção está aumentando a eficiência, pois as intervenções corretivas se tornam cada vez menos importante (VIANA, 2002).

2.4 AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE

Um índice muito utilizado na economia é a medição da capacidade para determinar a existência de uma possível expansão da oferta de produtos industriais, no caso de indústrias de transformação (LOPES; MOLLO, 2008).

As empresas vêm sofrendo novos desafios devido ao grande aumento de produtos variáveis e uma crescente exigência de produtos diferenciados, além da incerteza da demanda e a entrada de novos concorrentes. Sendo assim, é de suma importância que haja um acompanhamento da eficácia. Muitas dessas empresas procuram a solução desses problemas na automatização da planta, tomando em consideração que esta é a ligação para tornar sistemas de produção complexos em sistemas globais (STOLL et al., 2013)

Geralmente as empresas recorrem a um conjunto de indicadores de natureza econômico-financeira, esquecendo-se dos indicadores que representam as atividades

produtivas e de operação, tendo em vista que estes indicadores são cruciais para a competitividade e assim obter melhores resultados econômicos. Portanto, possuir esses indicadores é condições básicas para uma boa gestão (AMORIM, 2009).

Ainda segundo Amorim (2009), obter a maximização da operacionalidade e do desempenho dos equipamentos em relação à eficiência e qualidade, deve ser um objetivo permanente dos gestores das operações, desde que necessitem de um desempenho considerável dos equipamentos.

O OEE (Overall Equipment Effectiveness ou Eficiência Global dos Equipamentos) é um desses indicadores utilizados para medir o desempenho da empresa em relação à capacidade e disponibilidade.

Para relacionar os problemas de perdas que ocorrem nas empresas e consequentemente afetam o indicador de desempenho OEE, Nakajima descreveu o que ele chamou de "Seis Grandes Perdas dos Equipamentos" conforme mostrado no Quadro 2, oriundas principalmente de perdas causadas por paradas não planejadas, perdas devido ao equipamento não funcionar de acordo com o esperado e perdas relacionadas ao não cumprimento das especificações (AMORIM, 2009).

Perdas	Ocorrências	Consequências	Observações
1 - Avarias	 Avaria mecânica, elétrica ou de outros sistemas que provoquem a interrupção da produção. Falha Geral do equipamento Quebra de ferramentas Paragens não planejadas para intervenções de manutenção Falhas de energia/ utilidades 	Reduzem o tempo disponível para o	Consideram-se paragens superiores a 5-10 minutos, resgistradas pelo operador ou automaticamente
2 - Mudança, afinação e outras paragens	 Mudança de produto Aquecimento/arrefeciemento para mudança de ferramentas Substituição de ferramentas de desgaste Paragens para limpeza Falta de materiais Falta de operador 	disponível para o equipamento produzir ou operar	As perdas e mudanças são reduzidas ou eliminadas pela implementação de técnicas SMED
3 - Pequenas paragens	 Limpeza e pequenos ajustes Obstrução no fluxo de produto a montante ou jusante Falha na alimentação de materiais Substituição de ferramentas de desgaste pelo operador Verificação/regulação de parâmetros 	Afeta a eficiência do equipamento, não permitindo que ele funcione no	Paragens inferiores a 5- 10 minutos e que não requerem intervenção de pessoal da manutenção, normalmente não registrada pelo operador
4 - Redução de velocidade	 Funcionamento abaixo da velocidade especificada Funcionamento irregular Incapacidade do operador em garantir o funcionamento regular 	tempo de ciclo normal	Todas as ocorrências que impossibilitem produzir a velocidade máxima especificada para o produto
5 - Defeitos e retrabalho	 Sucata Produto fora de especificação Retrabalho do produto Montagem incorreta Componete incorreto Falhas de componetes 	Reduzem a quantidade de produto que	Produto rejeitado durante o funcionamento normal do equipamento
6 - Perdas de arranque	 Sucata Produto fora de especificação Retrabalho do produto 	cumpre as especificações à primeira	Produto rejeitado durante a fase de arranque ou paragem do equipamento, devido a causas normais (pré- aquecimento) ou erros de afinação

Quadro 2 – Seis Grandes Perdas dos Equipamentos Fonte: AMORIM, 2009 (Adaptado).

Portanto, o estudo do OEE permite tomar decisões sobre ações corretivas e consequentemente obter melhorias com base em fatos e dados reais; priorizar as ações que trarão melhores resultados e mais rápidos; acompanhar os resultados das ações pela evolução positiva e de seus fatores complementares (AMORIM, 2009).

2.5 OEE (*OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS*) OU EFICIÊNCIA GLOBAL DO EQUIPAMENTO)

O OEE é um indicador de desempenho que é medido através de uma forma tridimensional (Figura 5), levando-se em consideração o tempo que o equipamento possui para produzir, a eficiência perante o tempo de funcionamento e a qualidade do produto obtida no determinado processo (AMORIM, 2009).

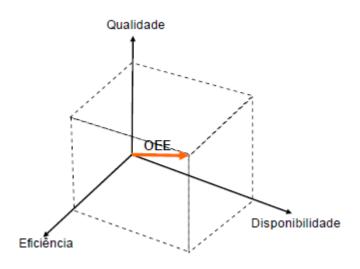


Figura 5 – Tridimensional do OEE Fonte: AMORIM, 2009.

Criado por Seiichi Nakajima, o OEE teve origem no TPM (Manutenção Produtiva Total) que era parte integrante do TPS (*Total Production System ou Sistema Toyota de Produção*), tinha o objetivo de quantificar não apenas o desempenho dos equipamentos, mas também uma forma de medir a melhoria contínua dos equipamentos e processos (AMORIM, 2009).

Como mencionado anteriormente e demonstrado na Figura 11, o OEE depende de três fatores: disponibilidade, eficiência e qualidade. AMORIM (2009) cita que podemos apresentar o conceito de OEE através da definição da "Máquina Perfeita" e exemplifica da seguinte forma:

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

A Figura 6 demonstra a relação dos fatores para o cálculo do OEE e as seis grandes perdas apresentadas anteriormente.



Figura 6 – Relação entre as seis grandes perdas e os fatores do OEE Fonte: AMORIM, 2009.

Para Amorim (2009), o OEE não deve ser usado como um critério de aceitação do equipamento, já que envolve fatores externos ao mesmo. Também não é um sistema de rastreio de avarias, e sim um sistema para detectar perdas e assim atuar sobre elas.

2.6 IMPLEMENTAÇÃO DO OEE

A implementação do sistema OEE em uma empresa exige uma avaliação das necessidades, definição dos objetivos aos quais se pretende alcançar e elaboração de um plano para execução da implementação. Tal implementação deve considerado um projeto e não mais um sistema burocrático para os colaboradores (AMORIM, 2009).

Raposo (2011) aponta onze etapas para que a implementação do OEE seja realizada com sucesso. Estas etapas estão descritas a seguir:

 1ª etapa: incorporação do indicador OEE por todos os setores da organização seja manutenção, operação, contábil, desde a alta administração até o chão-defábrica, por meio de treinamentos;

- 2ª etapa: definição de uma equipe dentro do setor de produção, pelo gestor, para ser responsável pela medição e acompanhamento dos resultados do indicador OEE;
- 3ª etapa: realização de cronoanálise em todas as linhas de produção;
- 4ª etapa: definição do equipamento identificado como o gargalo de cada linha de produção, ou seja, o equipamento com maior tempo de ciclo que retarda a produção;
- 5ª etapa: identificação das perdas no processo, ou também chamadas de paradas de linha, e a codificação dessas perdas. Nesta etapa é de grande importância o auxílio dos operadores da produção, visto que estão mais familiarizados com o processo;
- 6ª etapa: elaboração de documento de formato padrão que possa ser utilizado na coleta de informações para a obtenção do indicador OEE e a utilização de um sistema de armazenamento, cálculo e controle de dados;
- 7ª etapa: treinamento dos colaboradores envolvidos no processo, de forma que possam entender melhor os conceitos e as formas de cálculos para o obtenção do resultado do indicador OEE;
- 8ª etapa: elaboração de controles visuais evidenciando a evolução do indicador
 OEE e os motivos dos seus retrabalhos. Desta forma, todos da empresa podem visualizar a realidade em que o sistema se encontra;
- 9ª etapa: realização de atividades de pequenos grupos, reuniões operadores e representantes de todas as áreas envolvidas, diariamente para discussão dos resultados de OEE do dia anterior;
- 10ª etapa: abertura de documento padronizado apresentando informações sobre os problemas identificados e entrega ao representante da área responsável para que sejam tomadas decisões corretivas ou preventivas;
- 11ª etapa: validação das ações realizadas, por meio de acompanhamento e realização de novas medições do indicador OEE.

2.7 CÁLCULO DO OEE

Conforme descrito anteriormente e ressaltado por Amorim (2009), o cálculo do OEE depende de três fatores:

- Da disponibilidade para produção do equipamento;
- Da eficiência apresentada durante a produção;
- Da qualidade do produto obtido.

Tais fatores estão representados na Figura 7.

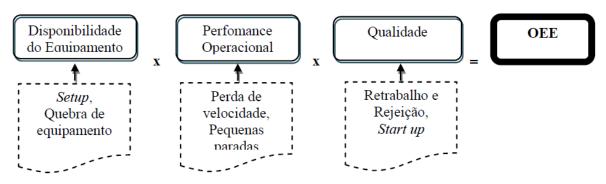


Figura 7 – Dados para o cálculo do OEE Fonte: CÔRREA e CÔRREA, 2004 (adaptado).

Santos e Santos (2007) consideram que o índice ideal para o indicador OEE deve ser de 85%, e que para alcançar esse índice os valores dos fatores para o cálculo sejam: disponibilidade = 90%, eficiência = 95% e qualidade = 99%.

A equação para o cálculo do OEE é a seguinte.

$$OEE = D \times P \times Q$$
 Equação 8 - OEE

Onde:

D = Disponibilidade.

P = Eficiência.

Q = Qualidade.

Para obtenção da disponibilidade, foi apresentado a forma de cálculo através da Equação 3, tópico 2.3.4 - Disponibilidade Operacional, que seria a relação do somatório das horas disponíveis para a produção pelas horas totais. Porém, outra forma de calcular o fator disponibilidade é através dos indicadores MTBF e MTTR (apresentados nos tópicos 2.3.7 e 2.3.8 respectivamente), que será apresentada pela Equação (9) a seguir.

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Equação 9 - Disponibilidade

Onde:

D = Disponibilidade.

MTBF = Tempo Médio Entre Falhas.

MTTR = Tempo Médio para Reparo.

O Desempenho é calculado através da quantidade produzida, do tempo de ciclo unitário e do tempo de produção disponível. Este fator leva em consideração perdas de velocidade, atrasos, aumento do tempo de ciclo das operações (RAPOSO, 2011).

A Equação 10 representa o cálculo da eficiência.

$$P = \frac{TCU \times QP}{TP}$$

Equação 10 - Eficiência

Onde:

P = Eficiência.

TCU = Tempo de Ciclo Unitário.

QP = Quantidade Produzida.

TP = Tempo em Produção.

Como a empresa que será analisada neste trabalho pertence ao setor de transporte logístico e seus equipamentos são basicamente os veículos de transporte de cargas (caminhões), calcularemos a eficiência conforme a Equação 11.

$$P = \frac{\textit{N\'umeros de Entregas Realizdas}}{\textit{N\'umero de Entregas Programadas}} \qquad \text{Equação 11 - Eficiência.}$$

Onde:

P = Eficiência.

O último fator é o de qualidade, que é calculado através do que é processado e o que é refugado em ralação aos produtos, considerando que os refugos tiveram origem em falhas dos recursos físicos (RAPOSO, 2011).

A Equação (12) a seguir apresenta a forma de cálculo da qualidade.

$$Q = \frac{QP - QR}{QP}$$
 Equação 12 – Qualidade.

Onde:

Q = Qualidade.

QP = Quantidade Produzida.

QR = Quantidade Refugada.

Pelo mesmo motivo da eficiência, a qualidade será calculada conforme a equação 13, a seguir.

$$Q = \frac{\textit{N\'umero Total de Cargas-N\'umero de Cargas Avariadas}}{\textit{N\'umero Total de Cargas}} \quad \text{Equação 13 - Qualidade}$$

Onde:

Q = Qualidade.

Nenhum dos fatores para o cálculo do OEE pode passar de 100%, portanto o OEE também é limitado a 100% (AMORIM, 2009).

2.8 ATUAÇÃO NAS SEIS GRANDES PERDAS PARA MELHORAR O OEE

A melhoria do OEE é um processo contínuo, portanto, quanto maior o índice de OEE mais difícil será aumentá-lo. (AMORIM, 2009).

O Quadro 3 apresenta estratégias atuantes nas seis grandes perdas que ajudam no processo de melhoria contínua do OEE.

Perdas	Estratégias de Eliminação/ redução	Estratégia de prevenção	Ferramentas aplicáveis
1 - Avarias	 Reparar rápida e eficazmente Detectar e corrigir as causas das avarias 	Manutenção preventivaManutenção preditiva	• 5S • FTA - Análise da árvore de falhas
1 ///		Manutenção autônoma RCM - Manutenção Centrada na Confiabilidade	Análise P-MDiagrama Ishikawa
2 - Mudança,		Conceber ou alterar equipamentos incorporando técnicas SMED	SMED Poka-Yoke
afinação e outras paragens	● Reduz tempo de mudança	• Equipamentos monoproduto (sem necessidade de mudança)	Sistemas visuaisSistemas no local da utilização
			Liçoes de tema únicoTrabalho padronizado
		• RCM - Manutenção Centrada na Confiabilidade	● 5S ● FTA - Análise da árvore de falhas
	• Eliminação das perdas de paragens	• Automação	• Análise P-M
3 - Pequenas		• Autonomação	● Kaizen
paragens		Modificar equipamentos para alimentação contínua	• Diagrama Ishikawa
			 Formação e treino
			• Liçoes de tema único
			• Trabalho padronizado
			Diagrama de Pareto
4 - Redução de velocidade	 Balanceamento das linhas de produção 	• Engenharia da fiabilidade	5SFTA - Análise da árvore de falhas
			Kaizen CEP - Controle estatístico
			do processo e do produto
		Manutenção da qualidade	Qualidade na origem
5 - Defeitos	Detectar e corrigir as causas	Ações preventivas	• Seis-Sigma
e retrabalho	dos problemas de qualidade	 Autonomação 	Poka-Yoke
			Trabalho padronizado
			• Kaizen
			• SMED
C Dandaa da	Detectar e corrigir as causas	• Estudar e implementar as	• Formação e treino
6 - Perdas de arrangue	das perdas	condições ideias de arranque	• Liçoes de tema único
		Modificar equipamentos e	• Trabalho padronizado
		ferramentas	• Kaizen

Quadro 3 – Estratégia para eliminação das seis grandes perdas Fonte: AMORIM, 2009 (Adaptado).

3. APLICAÇÃO DA FERRAMENTA OEE.

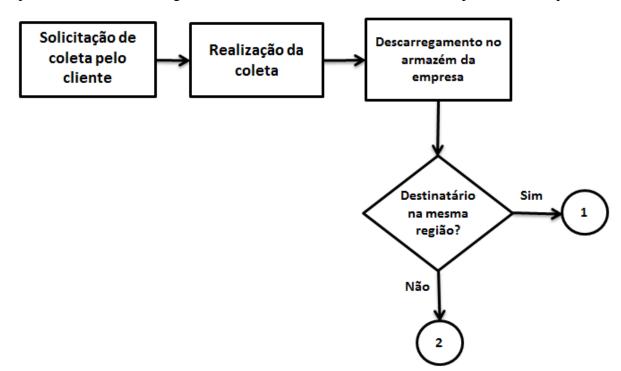
3.1 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1.1 A EMPRESA

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

A empresa objeto do estudo dispõe de dois tipos de transportes, sendo eles: o de coleta e entrega numa mesma região, onde as cargas são coletadas e entregadas a partir de um armazém situado na região da solicitação de remetente ou destinatário, e o processo de transporte de uma filial a outra, serviço este que transporta cargas diretamente de um armazém a outro de regiões diferentes para que posteriormente as cargas sejam distribuídas aos seus destinos finais.

Os únicos equipamentos utilizados para o processo são os veículos. O fluxograma apresentado na Figura 8 mostra todas as etapas do processo.





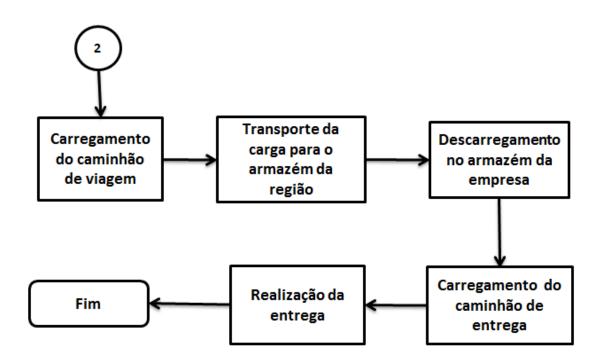


Figura 8 – Fluxograma do Processo Produtivo da Empresa Fonte: o autor.

De acordo com o fluxograma mostrado na figura 8, o processo pode ser brevemente descrito da seguinte forma:

- O cliente solicita a empresa o serviço de coleta e entrega de uma determinada carga;
- A empresa realiza a coleta da carga e a leva para o armazém mais próximo;
- Nesse armazém a carga é descarregada do veículo e separada de acordo com a localidade do destino;
- Quando o destino da carga é na mesma região da coleta, um veículo é carregado com a mesma e dirige-se ao destino de entrega. Porém quando a carga é destinada para outra região, outro tipo de veículo é carregado e este transportará a carga até o armazém mais próximo do destino, onde a carga será alocada em outro veículo que realizará o transporte da mesma até o destinatário final.

3.1.2 PROCESSO CRÍTICO

O processo da empresa é um serviço de coleta e entrega de cargas, portanto o processo crítico ao qual será avaliado o OEE será o processo completo.

3.1.3 DESENVOLVIMENTO DO OEE

O OEE da empresa foi desenvolvido no período de janeiro a julho de 2017, quando foram coletados os dados necessários para a realização dos cálculos.

Para o cálculo da disponibilidade foram utilizados os tempos disponíveis de todos os veículos e os tempos parados para manutenções preventivas e corretivas de todos os meses e por fim foi feito uma média aritmética simples para a obtenção da disponibilidade mensal da empresa.

A tabela 5 apresenta todas as placas dos veículos juntamente com os modelos e os anos de fabricação.

PLACA	MODELO	ANO
GLV-2287	Mercedes Benz 709	1990
GPH-0298	Mercedes Benz 709	1989
GLV-3412	Mercedes Benz 709	1991
GRB-5685	Mercedes Benz L1218	1994
GRB-5693	Mercedes Benz 1218	1994
GRB-8029	Mercedes Benz 1218	1995
GPH-0884	Mercedes Benz 1214	1993
GLU-9824	Mercedes Benz 1218	1991
GLU-9823	Mercedes Bens 1218	1991
GTR-4332	Mercedes Benz 1218	1995
GLW-7911	Volkswagen 7.110 S	1988
LAU-1588	Volkswagen 12.140	1995
LAV-5870	Volkswagen 12.140	1995
LAU-1587	Volkswagen 14.153	1995
GPH-5105	Ford 1415	1987
GLV-2581	SCÂNIA 113 H	1992
PWR-5141	Mercedes Benz Accelo 1016	2105
PUV-1643	Hyundai HR	2014
OQV-8548	Mercedes Benz Axor 2544 S	2013

Tabela 5 – Veículos utilizados para obtenção do OEE. Fonte: o autor.

As tabelas 6, 7, 8, 9, 10 e 11 seguir apresentarão mensalmente as disponibilidades dos veículos e a média mensal das disponibilidades.

	DISPONIBILIDADE - JANEIRO					
PLACA	TEMPO TOTAL (H)	TEMPO DE PARADA (H)	TEMPO DISPONÍVEL (H)	% DO TEMPO DISPONÍVEL (H)		
GLV-2287	240	10	230	95,83%		
GPH-0298	240	6	234	97,50%		
GLV-3412	240	0	240	100,00%		
GRB-5685	576	0	576	100,00%		
GRB-5693	576	5	571	99,13%		
GRB-8029	576	0	576	100,00%		
GPH-0884	576	7	569	98,78%		
GLU-9824	576	0	576	100,00%		
GLU-9823	576	4	572	99,31%		
GTR-4332	576	7	569	98,78%		
GLW-7911	240	4	236	98,33%		
LAU-1588	240	0	240	100,00%		
LAV-5870	240	5	235	97,92%		
LAU-1587	240	0	240	100,00%		
GPH-5105	240	0	240	100,00%		
GLV-2581	576	10	566	98,26%		
PWR-5141	240	8	232	96,67%		
PUV-1643	240	0	240	100,00%		
OQV-8548	576	8	568	98,61%		
	MÉI	98,90%				

Tabela 6 – Disponibilidade – Janeiro. Fonte: o autor.

	DISPONIBILIDADE - FEVEREIRO						
PLACA	TEMPO TOTAL (H)	TEMPO DE PARADA (H)	TEMPO DISPONÍVEL (H)	% DO TEMPO DISPONÍVEL (H)			
GLV-2287	210	5	205	97,62%			
GPH-0298	210	9	201	95,71%			
GLV-3412	210	10	200	95,24%			
GRB-5685	504	0	504	100,00%			
GRB-5693	504	6	498	98,81%			
GRB-8029	504	0	504	100,00%			
GPH-0884	504	5	499	99,01%			
GLU-9824	504	12	492	97,62%			
GLU-9823	504	3	501	99,40%			
GTR-4332	504	7	497	98,61%			
GLW-7911	210	0	210	100,00%			
LAU-1588	210	5	205	97,62%			
LAV-5870	210	0	210	100,00%			
LAU-1587	210	0	210	100,00%			
GPH-5105	210	3	207	98,57%			
GLV-2581	504	12	492	97,62%			
PWR-5141	210	0	210	100,00%			
PUV-1643	210	6	204	97,14%			
OQV-8548	504	0	504	100,00%			
	MÉI	98,58%					

Tabela 7 – Disponibilidade – Fevereiro. Fonte: o autor.

	DISPONIBILIDADE - MARÇO					
PLACA	TEMPO TOTAL (H)	TEMPO DE PARADA (H)	TEMPO DISPONÍVEL (H)	% DO TEMPO DISPONÍVEL (H)		
GLV-2287	250	0	250	100,00%		
GPH-0298	250	0	250	100,00%		
GLV-3412	250	0	250	100,00%		
GRB-5685	600	35	565	94,17%		
GRB-5693	600	4	596	99,33%		
GRB-8029	600	7	593	98,83%		
GPH-0884	600	12	588	98,00%		
GLU-9824	600	0	600	100,00%		
GLU-9823	600	2	598	99,67%		
GTR-4332	600	8	592	98,67%		
GLW-7911	250	7	243	97,20%		
LAU-1588	250	0	250	100,00%		
LAV-5870	250	8	242	96,80%		
LAU-1587	250	0	250	100,00%		
GPH-5105	250	4	246	98,40%		
GLV-2581	600	12	588	98,00%		
PWR-5141	250	6	244	97,60%		
PUV-1643	250	0	250	100,00%		
OQV-8548	600	10	590	98,33%		
	MÉI	98,68%				

 $Tabela\ 8-Disponibilidade-Março. \\ Fonte:\ o\ autor.$

	DISPONIBILIDADE - ABRIL						
PLACA	TEMPO TOTAL (H)	TEMPO DE PARADA (H)	TEMPO DISPONÍVEL (H)	% DO TEMPO DISPONÍVEL (H)			
GLV-2287	200	12	188	94,00%			
GPH-0298	200	7	193	96,50%			
GLV-3412	200	0	200	100,00%			
GRB-5685	480	5	475	98,96%			
GRB-5693	480	4	476	99,17%			
GRB-8029	480	3	477	99,38%			
GPH-0884	480	0	480	100,00%			
GLU-9824	480	10	470	97,92%			
GLU-9823	480	2	478	99,58%			
GTR-4332	480	0	480	100,00%			
GLW-7911	200	9	191	95,50%			
LAU-1588	200	0	200	100,00%			
LAV-5870	200	0	200	100,00%			
LAU-1587	200	10	190	95,00%			
GPH-5105	200	4	196	98,00%			
GLV-2581	480	9	471	98,13%			
PWR-5141	200	0	200	100,00%			
PUV-1643	200	0	200	100,00%			
OQV-8548	480	8	472	98,33%			
	MÉI	98,45%					

Tabela 9 – Disponibilidade – Abril. Fonte: o autor.

	DISPONIBILIDADE - MAIO						
PLACA	TEMPO TOTAL (H)	TEMPO DE PARADA (H)	TEMPO DISPONÍVEL (H)	% DO TEMPO DISPONÍVEL (H)			
GLV-2287	240	3	237	98,75%			
GPH-0298	240	0	240	100,00%			
GLV-3412	240	5	235	97,92%			
GRB-5685	576	0	576	100,00%			
GRB-5693	576	6	570	98,96%			
GRB-8029	576	0	576	100,00%			
GPH-0884	576	5	571	99,13%			
GLU-9824	576	7	569	98,78%			
GLU-9823	576	5	571	99,13%			
GTR-4332	576	7	569	98,78%			
GLW-7911	240	0	240	100,00%			
LAU-1588	240	4	236	98,33%			
LAV-5870	240	10	230	95,83%			
LAU-1587	240	0	240	100,00%			
GPH-5105	240	4	236	98,33%			
GLV-2581	576	11	565	98,09%			
PWR-5141	240	8	232	96,67%			
PUV-1643	240	6	234	97,50%			
OQV-8548	576	0	576	100,00%			
	MÉI	98,75%					

Tabela 10 – Disponibilidade – Maio. Fonte: o autor.

	DISPONIBILIDADE - JUNHO					
PLACA	TEMPO TOTAL (H)	TEMPO DE PARADA (H)	TEMPO DISPONÍVEL (H)	% DO TEMPO DISPONÍVEL (H)		
GLV-2287	230	8	222	96,52%		
GPH-0298	230	0	230	100,00%		
GLV-3412	230	8	222	96,52%		
GRB-5685	552	0	552	100,00%		
GRB-5693	552	0	552	100,00%		
GRB-8029	552	6	546	98,91%		
GPH-0884	552	0	552	100,00%		
GLU-9824	552	6	546	98,91%		
GLU-9823	552	3	549	99,46%		
GTR-4332	552	0	552	100,00%		
GLW-7911	230	5	225	97,83%		
LAU-1588	230	0	230	100,00%		
LAV-5870	230	0	230	100,00%		
LAU-1587	230	0	230	100,00%		
GPH-5105	230	0	230	100,00%		
GLV-2581	552	14	538	97,46%		
PWR-5141	230	0	230	100,00%		
PUV-1643	230	0	230	100,00%		
OQV-8548	552	9	543	98,37%		
	MÉI	99,16%				

Tabela 11 – Disponibilidade – Junho. Fonte: o autor.

DISPONIBILIDADE - JULHO					
PLACA	TEMPO TOTAL (H)	TEMPO DE PARADA (H)	TEMPO DISPONÍVEL (H)	% DO TEMPO DISPONÍVEL (H)	
GLV-2287	235	6	229	97,45%	
GPH-0298	235	4	231	98,30%	
GLV-3412	235	0	235	100,00%	
GRB-5685	564	0	564	100,00%	
GRB-5693	564	5	559	99,11%	
GRB-8029	564	0	564	100,00%	
GPH-0884	564	10	554	98,23%	
GLU-9824	564	0	564	100,00%	
GLU-9823	564	7	557	98,76%	
GTR-4332	564	3	561	99,47%	
GLW-7911	235	0	235	100,00%	
LAU-1588	235	4	231	98,30%	
LAV-5870	235	4	231	98,30%	
LAU-1587	235	10	225	95,74%	
GPH-5105	235	3	232	98,72%	
GLV-2581	564	8	556	98,58%	
PWR-5141	235	6	229	97,45%	
PUV-1643	235	0	235	100,00%	
OQV-8548	564	7	557	98,76%	
	MÉ	98,80%			

Tabela 12 – Disponibilidade – Julho. Fonte: o autor.

A Eficiência da empresa foi obtida por meio da Equação (11) apresentada na seção 2.8. Porém por motivos de confiabilidade, a empresa disponibilizou apenas os valores percentuais mensais. Dessa forma não foi possível a realização dos cálculos para a obtenção destes valores.

A tabela abaixo apresenta os valores de eficiência.

EFICIÊNCIA MENSAL			
MÊS	% DA EFICIÊNCIA		
Janeiro	91,80%		
Fevereiro	87,00%		
Março	91,60%		
Abril	88,90%		
Maio	91,50%		
Junho	94,80%		
Julho	94,20%		

Tabela 13 – Eficiência mensal. Fonte: o autor.

A qualidade da empresa foi obtida por meio da Equação (13) desenvolvida neste trabalho. Para este cálculo é necessário o número total de cargas e o número de cargas avariadas.

A tabela 14 apresenta os valores de qualidade mensais.

QUALIDADE MENSAL					
MÊS	TOTAL DE CARGAS	TOTAL DE AVARIAS	% DA QUALIDADE		
Janeiro	6302	9	99,86%		
Fevereiro	6093	14	99,77%		
Março	7648	8	99,90%		
Abril	6423	10	99,84%		
Maio	7833	9	99,89%		
Junho	7491	3	99,96%		
Julho	7710	15	99,81%		

Tabela 14 – Qualidade mensal. Fonte: o autor.

A partir dos dados obtidos, utilizou-se a Equação (8), apresentada na seção 2.8, para a obtenção do OEE. Essa equação leva em consideração os três indicadores calculados, disponibilidade, eficiência e qualidade, multiplicando-os.

A tabela 15 apresenta os OEEs mensais de empresa estudada.

OEE						
MÊS	DISPONIBILIDADE	EFICIÊNCIA	QUALIDADE	OEE		
Janeiro	98,90%	91,80%	99,86%	90,66%		
Fevereiro	98,58%	87,00%	99,77%	85,57%		
Março	98,68%	91,60%	99,90%	90,30%		
Abril	98,45%	88,90%	99,84%	87,38%		
Maio	98,75%	91,50%	99,89%	90,25%		
Junho	99,16%	94,80%	99,96%	93,96%		
Julho	98,80%	94,20%	99,81%	92,89%		

Tabela 15 – OEE. Fonte: o autor.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Por ser um setor de serviço, onde as falhas geralmente são pontuais, o OEE da Empresa apresenta tendência de ser alto a nível global (ou de exportação). Os cálculos apresentados na seção 3.1.3 confirmaram esta tendência, sendo o nível mais baixo obtido no mês de Fevereiro atingindo um índice de 85,57%.

De acordo com o Quadro 2 – Seis Grandes Perdas dos Equipamentos, podemos listar os causadores de perda na empresa estudada, tais como avaria mecânica, elétrica ou de outros sistemas que provoquem a interrupção da produção, ou seja, falhas que os veículos apresentam e consequentemente impossibilitam a execução de coletas e entregas, prejudicando os índices de disponibilidade e eficiência em alguns casos.

Outro item não muito comum é falha geral do equipamento, no qual o veículo pode ficar impedido de operar por um tempo consideravelmente longo devido a gravidade do problema. Neste caso é necessário um planejamento para poder suprir a ausência do mesmo.

Paragens não planejadas para intervenções de manutenção é outro item relacionado a avarias que prejudicam o indicador OEE da empresa, pois se perde em disponibilidade e também eficiência.

Limpeza e pequenos ajustes relacionados a pequenas paragens podem considerar como algumas pequenas manutenções que acabam interferindo no tempo disponível dos veículos, pois apesar de serem concluídas com pouco tempo, um acúmulo de paragens totalizando um tempo maior.

Dois itens interferem diretamente no indicador de qualidade da empresa, sucata e produto fora de especificação, onde ocorrem avarias durante as entregas e a carga é rejeitada pelo cliente. Estes dois itens, apesar de não relacionarem com a manutenção, interferem diretamente no OEE.

Quanto mais alto o índice do OEE mais difícil é aumenta-lo. Os índices mensais de Disponibilidade e Qualidade estão todos acima dos 98%, proporcionando uma margem muito pequena para atuação sobre eles com o intuito de melhorar o OEE.

Porém a empresa utiliza de manutenção preventiva e preditiva como estratégias para reduzir as perdas, conforme descritas no Quadro 3 – Estratégia para eliminação das seis grandes perdas. Isso contribui para o aumento da disponibilidade e eficiência e consequentemente do OEE.

No caso da disponibilidade principalmente onde a maior parte do tempo indisponível é devido à manutenção preventiva que neste caso é de extrema importância para manter os veículos em funcionamento em níveis consideráveis.

Em relação à Qualidade, os índices alcançaram um patamar quase impossível de serem aumentados. Como estes índices são calculados de acordo com a quantidade de cargas transportadas e a quantidade de cargas avariadas, significa que são pouquíssimas cargas que apresentam problemas. Com a aplicação de treinamentos sobre carregamento e transportes de cargas para os funcionários e, consequentemente, com o comprometimento dos mesmos é possível atingir índices de Qualidade de 100% em alguns meses.

Porém numa empresa de serviço de transporte como no caso da estudada, onde os menores índices são decorrentes da Eficiência, existe uma margem para ser trabalhada com o objetivo de alcançar índices maiores. A Eficiência é obtida relacionando a quantidade de entregas programadas e entregas realizadas. Portanto, o índice é diminuído de acordo com entregas não realizadas devido a atrasos. Trabalhar os funcionários com treinamento sobre Eficiência e Qualidade é a melhor forma de melhorar o índice. Porém, atuar sobre o *layout* da empresa para que os processos sejam facilitados, proporciona aos funcionários a possibilidade de obterem maior desempenho e consequentemente melhorar o índice de Eficiência.

Apesar dos indicadores mostrarem um OEE global, ou seja, acima dos 85%, devido ao momento econômico que o país atravessa, a utilização pode estar abaixo dos níveis normais, o que pode acarretar num menor nível de solicitação e consequentemente menor incidência de falhas e manutenções corretivas.

5. CONCLUSÃO

É muito claro que a manutenção é tão importante quando a produção de uma empresa, pois as duas estão interligadas e dependem uma da outra. No setor de transporte não é diferente, pois a manutenção tem a obrigação de manter os veículos que prestam serviço em pleno funcionamento. A utilização do indicador OEE para identificar como a empresa está reagindo é consideravelmente útil, pois permite perceber onde estão os problemas que prejudicam a eficiência da empresa.

Conforme descrito na seção 4, o OEE mensal da empresa estudada apresenta nível de exportação, ou seja, acima de 85%. Isso acontece devido à manutenção realizar um bom trabalho, deixando os veículos da empresa disponíveis, quase que todo tempo de expediente. Além da eficiência e da qualidade com que as tarefas são executadas.

Apesar de quanto mais alto o índice do OEE mais difícil seja aumentá-lo, ainda existem alguns fatores que possibilitam este aumento, principalmente em relação à eficiência.

Conclui-se, portanto, que o estudo proposto cumpriu os objetivos iniciais, exemplificado pelos resultados da empresa estudada, onde foram coletados dados de sua operação real e aplicados para obtenção do cálculo do OEE. Dessa forma a metodologia utilizada poderá ser utilizada por outras empresas do setor com o objetivo de alcançar melhorias significativas e possibilitar a competitividade no mercado.

A menor utilização pode ter contribuído para a melhora do indicador.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO. Documento Nacional 2011 - **ABRAMAN a Situação da Manutenção no Brasil** 26 Congresso Brasileiro de Manutenção - Curitiba 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO. Documento Nacional 2013 - **ABRAMAN a Situação da Manutenção no Brasil** 28 Congresso Brasileiro de Manutenção e Gestão de Ativos - Salvador 2013.

AMORIM, J. OEE - A forma de medir a eficácia dos equipamentos, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade e mantenabilidade**. Rio de Janeiro, 1994. 37 p.

CERVEIRA, D.; SELLITTO, M. Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC): análise quantitativa de um forno elétrico a indução. Produção Online, v.15, n.2, p.405-432, 2015.

CÔRREA, H.; CÔRREA, C. **Administração de produções e operações**.São Paulo: Atlas, 2004.

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

J. I. P. M. Japanese Institute of Plant Maintenance. TPM frequently asked questions. 2002.

LOPES, M.; MOLLO, M. Regime de Metas de Inflação, Regra de Taylor e Neutralidade da Molda - Uma crítica Pós Keynesiana. Recuperado em 29 de setembro de 2011.

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

MÁRQUEZ, A.; GUPTA, J. Contemporary maintenance management: process, framework and supporting pillars. Omega, v.34, n.2, p.313-326, 2006.

MÁRQUEZ, A.; LÉON, P.; FERNÁNDES, J.; MÁRQUEZ, C.; CAMPOS, M. **The maintenance management framework: a pratical view to maintenance management.** Journal of Quality in Maintenance Engineering, v.15, n.2, p.167-178, 2009.

MENDES, A. Manutenção Centrada em Confiabilidade: uma abordagem quantitativa. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, RS, 2011.

MENGUE, D.; SELLITTO, M. Estratégia de manutenção baseada em funções de confiabilidade para uma bomba centrífuga petrolífera. Produção Online, v.13, n.2, p.759-783, 2013.

NAKAMURA, T. **Total productive maintenance**. New York: John Wiley & Dons, 2007.

NASCIF, J. **Indicadores de Manutenção.** Minas Gerais, n.13, p.01-14, 2011.

- PARDIA, A.; CHATTOPADHYAY, G. **Development of a multi-criteria hierarchical framework for maintenance performance measurement (MPM).** Journal of Quality in Maintenance Engineering, v.13, n.3, p.241-258, 2007.
- PERES, C.; LIMA, G. Proposta de modelo para controle de custos de manutenção com enfoque na aplicação de indicadores balanceados. Gestão & Estão & Produção, v.15, n.1, p.149-158, 2008.
- PINJALA, S.; PINTELON, L.; VERECKA, A. An empirical investigation on the relationship between business and maintenance strategies. International Journal of Production Economics, v.104, n.3, p.214-229, 2006.
- RAMOS FILHO, J.; ATAMANCZUK, M.; MARÇAL, R.**Seleção de técnicas de manutenção para processo de armazenagem pelo Método de Análise Hierárquica**. Produção Online, v.10, n.1, p. 142-166, 2010.
- RAPOSO, C. Overall Equipment Effectiveness: aplicação em uma empresa do setor de bebidas do polo industrial de Manaus. Produção Online, v.11, n.3, p.648-667, 2010.
- SANTOS, A.; SANTOS, M. Utilização do indicador de eficiência global de equipamentos (oee) na gestão de melhoria contínua do sistema de manufatura um estudo de caso. Anais do XXVII ENEGEP, Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu: ABEPRO, 2007.
- SELEME, R. Manutenção Industrial. Editora Intersaberes, 2015. 1ª Edição.
- SELLITO, M. Análise estratégica de manutenção de uma linha de produção metal mecânica baseada em cálculos de confiabilidade de equipamentos. GEPROS, v.3, n.2, p.97-108, 2007.
- SELLITTO, M.; BORCHARDT, M.; ARAÚJO, D. **Manutenção centrada em confiabilidade: aplicando uma abordagem quantitativa**. Anais do XXII ENEGEP, Encontro Nacional de Engenharia de Produção.Curitiba: ABEPRO, 2002.
- SINGH, R.; GOHIL, A.; SHAH, D.; DESAI, S. **Total Productive Maintenance (TPM) implementation in a machine shop: a case study**. Procedia Engineering, v.51, n.1, p.592-599, 2013.
- SIQUEIRA, I. **Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implementação.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.
- STOLL, J.; LANZA, G.; STRICKER, N.; PETERS, S.; LORENZ, C. Measuring Global **Production Effectiveness**. Forty Sixth CIRP Conference on Manufacturing Systems, Karlsruhe, 2013.
- SUZUKI, T. **TPM in process industries**. Portland: Productivity Press, 1994.
- TOAZZA, G.; SELLITTO, M. Estratégia de manutenção preditiva no departamento gráfico de uma empresa do ramo fumageiro. Produção Online. v.15, n.3, p.783-806, 2015.
- TSANG, A. **Strategic dimensions of maintenance management**. Journal of Quality in Maintenance Engineering, v.8, n.1, p.7-39, 2002.

VIANA, H. **PCM: Planejamento e Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

7. ANEXO A – TERMO DE AUTENTICIDADE



Termo de Declaração de Autenticidade de Autoria

Declaro, sob as penas da lei e para os devidos fins, junto à Universidade Federal de Juiz de Fora, que meu Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia de Produção é original, de minha única e exclusiva autoria. E não se trata de cópia integral ou parcial de textos e trabalhos de autoria de outrem, seja em formato de papel, eletrônico, digital, áudio-visual ou qualquer outro meio.

Declaro ainda ter total conhecimento e compreensão do que é considerado plágio, não apenas a cópia integral do trabalho, mas também de parte dele, inclusive de artigos e/ou parágrafos, sem citação do autor ou de sua fonte.

Declaro, por fim, ter total conhecimento e compreensão das punições decorrentes da prática de plágio, através das sanções civis previstas na lei do direito autoral¹ e criminais previstas no Código Penal², além das cominações administrativas e acadêmicas que poderão resultar em reprovação no Trabalho de Conclusão de Curso.

Juiz de Fora, de de 20	
NOME LEGÍVEL DO ALUNO (A)	Matrícula
ASSINATURA	CPF

 $^{^{1}}$ LEI N $^{\circ}$ 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.

² Art. 184. Violar direitos de autor e os que lhe são conexos: Pena - detenção, de 3 (três) meses a 1 (um) ano, ou multa.