

BENEFÍCIOS DA IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO AUTÔNOMA NA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM) PARA A MANUFATURA: um estudo de caso em uma montadora de veículos comerciais instalada em Sete Lagoas/MG

Thierry Petherson Amaral Souza¹

Breno Abreu de Freitas²

RESUMO

O ambiente industrial permite a realização da verificação de ocorrências de quebras e falhas em equipamentos, que interrompem ou causam lentidão na linha de produção, reduzem a produtividade e aumentam os custos indiretos. Isso afeta diretamente os indicadores de disponibilidade, desempenho e qualidade que compõem o Indicador de Eficiência Global (*Overall Equipment Effectiveness* - OEE). Neste contexto, torna-se importante o questionar: Quais os benefícios da implantação da Manutenção Autônoma na Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance* – TPM) em uma máquina de aplicação de Policloreto de Vinil (PVC) para a manufatura de uma montadora de veículos comerciais instalada em Sete Lagoas-MG? Parte-se da hipótese que a implantação da Manutenção Autônoma pode contribuir para o aumento da produtividade, qualidade, disponibilidade e eficiência do processo. O objetivo foi apresentar os benefícios decorrentes da implantação da Manutenção Autônoma até o passo 4 na máquina de aplicação de PVC na estação 14 e 15 do processo de pintura. Realizou-se um estudo de caso, longitudinal, com natureza descritiva exploratória e abordagem quantitativa. Foi realizada a implantação dos passos 1, 2, 3 e 4 da TPM na máquina de pintura. O OEE da máquina passou de 76,7% para 86,0%, por meio da aplicação dessa metodologia. Através do uso sistêmico das fases de implantação da manutenção autônoma e a disciplina entre as etapas de aplicação, os resultados se mostraram positivos. Dessa forma, a metodologia de TPM aplicada com disciplina permite usar ao máximo a capacidade dos equipamentos, e ainda cria uma interação entre o homem e a máquina.

Palavras-Chave: Manutenção Produtiva Total. OEE. Produtividade.

ABSTRACT

The industrial environment allows the possibility to verify the occurrences of breakdowns and failures in equipment, which interrupt or cause slow production, reduce the productivity and increases indirect costs. This affects the availability, performance and quality indicators, which compose the *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). In this context, it is questioned: What are the advantages of implementing the Autonomous Maintenance in Total Productive Maintenance (TPM) in a Vinyl Polychloride (PVC) application machine for a commercial vehicle manufacturer installed in Sete Lagoas-MG? The main hypothesis is that the implementation of the autonomous maintenance can contribute to the increase of productivity, quality, availability and efficiency of the process. The objective was to show the benefits resulting the implementation of the autonomous maintenance until the fourth step in the PVC application machine at station 14 and 15 of the painting process. A longitudinal case study was carried out with a descriptive exploratory and quantitative nature. The implementation of the first four steps of the TPM was applied to the painting machine. The machine's OEE raised from 76.7% to 86.0% through the implementation of this methodology. With the systemic use of the autonomous maintenance implementation steps, and the discipline among the application of each step, the results showed positive. Thus, the TPM methodology applied with discipline allows the maximum capacity output of the equipment, and creates an interaction between man and machine.

Keywords: Total Productive Maintenance. OEE. Productivity.

¹ Graduando em Administração da Faculdade Ciências da Vida, Sete Lagoas, MG. E-mail: thierrypetherson@hotmail.com

² Graduando em Ciências Contábeis, MBS em Gestão Estratégica de Negócios e Mestrado em Administração, Orientador do Projeto, Docente da Faculdade Ciências da Vida, Sete Lagoas, MG. E-mail: breno_wcm@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

Com a necessidade do homem de usar e desenvolver ferramentas para facilitar o trabalho, surgiu a necessidade de manutenção, que se expandiu com a chegada da mecanização das indústrias durante a Revolução Industrial (BARBOSA; GASPAROTTO, 2015). Com constantes transformações e buscando atender as demandas do mercado, com projetos tecnológicos e necessidade de mão de obra capacitada, surge uma crescente demanda por profissionais da área da manutenção (DETRREGIACHI FILHO *et al.*, 2017).

Os equipamentos se deterioram com o passar do tempo. Visando a eliminação de perdas por parada de equipamento e consequentemente custos gerados pela baixa disponibilidade, surgem os tipos de manutenção corretiva e preventiva: a primeira baseada na ação após a parada do equipamento e a segunda baseada nas ações necessárias para que o equipamento não falhe ou pare, levando em consideração as horas trabalhadas, garantindo confiabilidade no sistema (MARTINEZ *et al.*, 2016). A fim de prevenir a parada dos equipamentos surgiu em 1970 a Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance – TPM*), que permite analisar as condições reais de seus ativos, através da estratificação das perdas do processo quanto à disponibilidade, qualidade e desempenho. Este processo busca zero quebra, através da previsão de falhas, com o uso do monitoramento e medição nos equipamentos, de forma a aumentar a eficiência e tempo de vida útil dos equipamentos (DETRREGIACHI FILHO *et al.*, 2017).

A busca por acelerar o desenvolvimento das indústrias trouxe o aperfeiçoamento das técnicas da aplicação do conceito da Manutenção Produtiva Total. O prefixo T (Total) trata os sentidos de eficiência global no ciclo total de vida útil do sistema de produção, o P (Produtiva) trata da busca do sistema de produção até o limite máximo de eficiência, enquanto o M (Manutenção) tem como objetivo o ciclo total de vida útil do sistema de produção. A aplicação sistêmica da TPM ocorre através de oito pilares: Manutenção Autônoma; Manutenção Planejada; Educação e Treinamento; Melhoria Específica; Controle Inicial; Manutenção da Qualidade; Segurança, higiene e meio ambiente; e finalmente, as áreas administrativas, que se interagem em busca de aperfeiçoamento dos processos e melhoria contínua (DETRREGIACHI FILHO *et al.*, 2017).

O presente trabalho se justifica devido à importância da aplicação da Manutenção Autônoma no processo industrial, possibilitando, assim, o controle e planejamento produtivo através do Indicador de Eficiência Global (*Overall Equipment Effectiveness - OEE*). Este estudo

poderá servir como base para empresas com atividades similares ao caso, permitindo que elas possam avaliar seus processos de manutenção, aproveitando as melhorias, controles e aplicação de ferramentas da qualidade aqui apresentadas. Este estudo de caso poderá também ser utilizado como fonte para produção de novos trabalhos acadêmicos relacionados ao tema descrito, além de permitir que o autor se aprofunde no tema e tenha uma base para apresentar o projeto em auditorias, desenvolvendo assim, uma análise crítica de gestão e processo.

Neste contexto, observando-se a necessidade da implantação da manutenção no processo industrial, torna-se importante o seguinte questionamento: Quais os benefícios da implantação da Manutenção Autônoma na TPM em uma máquina de aplicação de Poli cloreto de vinil (PVC) para a manufatura de uma montadora de veículos comerciais instalada em Sete Lagoas/MG? Parte-se da hipótese que a implantação da Manutenção Autônoma pode contribuir para o aumento da produtividade, qualidade, disponibilidade e eficiência do processo industrial.

Desta forma, por meio de um estudo de caso, longitudinal, de natureza descritiva exploratória, com abordagem quantitativa, este trabalho teve como objetivo geral apresentar os benefícios decorrentes da implantação da Manutenção Autônoma até o passo 4 na máquina de aplicação de PVC na estação 14 e 15 do processo de pintura. E apresentou como objetivos específicos: demonstrar de forma sistêmica como aplicar a Manutenção Autônoma no processo e demonstrar a funcionalidade do Indicador de Eficiência Global (OEE).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MANUTENÇÕES EM EVOLUÇÃO

A necessidade da manutenção surgiu com a utilização e desenvolvimento de ferramentas e máquinas, e foi após a mecanização das indústrias em 1950, que a manutenção se evidenciou, porém, realizada ainda pelos próprios operadores de forma básica (BARBOSA; GASPAROTTO, 2015; SILVA *et al.*, 2016). Ao longo do tempo a manutenção vem se transformando constantemente, sendo, portanto, fundamental que existam profissionais especializados da área de manutenção (COSTA *et al.*, 2015; SILVA, C. E., 2016).

Desta forma, as manutenções nas empresas tendem a ser vistas como estratégias para os resultados dos negócios, visto que, por meio de um programa que conta com a participação

de todos e uma manutenção sistêmica, é possível antecipar as ações em relação a quebras ou falhas. Essas resultariam em perda de produtividade, retrabalho, atraso na entrega do produto, refugo e aumento dos custos fixos, com perdas na competitividade e minimização dos lucros e resultados (GARCIA; NUNES, 2014; MENEZES; SANTOS; CHAVES, 2015).

É natural que todos os equipamentos se deteriorem com o passar do tempo, gerando incertezas quanto a sua disponibilidade e aumento dos custos fixos de produção. Como resposta, surge então, a manutenção produtiva total, que trata de métodos e ferramentas sistêmicas para a aplicação consciente da manutenção autônoma (BERGAMASCHI; THOMAZ, SCHMIDT, 2018; MARTINEZ, 2016; SILVA, C. E. 2016).

2.2 MANUTENÇÃO AUTÔNOMA

A TPM foi criada no Japão na década de 1970 por H. Yamashina com foco na manutenção autônoma, que busca zero quebra, maior disponibilidade dos equipamentos e zero defeitos nos produtos. O objetivo é antever as possíveis falhas com monitoramento e medições antes que as quebras aconteçam (ALMEIDA, 2017; COSTA *et al.*, 2015; QUEIROZ, 2016; DETREGIACHI FILHO *et al.*, 2017; SANTOS, 2018; SILVA, C. E. 2016; ZATTA *et al.*, 2017).

As atividades da manufatura vêm se tornando cada vez mais complexas, devido aos avanços tecnológicos e modernizações aos quais os parques fabris têm passado. A TPM, através do pilar de Manutenção Autônoma, tem como objetivo eliminar ou ao menos diminuir as perdas por necessidade de manutenção corretiva. Com isso, aumenta-se a disponibilidade e o tempo de vida útil das máquinas, resultando no aumento global da produtividade industrial, através de indicadores como OEE, *Key Activity indicator* (KAI) e *Key Performance Indicator* (KPI) (BERGAMASCHI *et al.*, 2018; MEDEIROS *et al.*, 2016; QUEIROZ, 2016; SILVA, C. E. 2016; ZATTA *et al.*, 2017).

2.3 EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO AUTÔNOMA

A manutenção evoluiu consideravelmente em pouco tempo, através do aprimoramento da manutenção corretiva, preventiva e preditiva, até surgir a Manutenção Autônoma. Vista como proativa, é definida como a manutenção realizada por todo, que visa aprimorar as habilidades dos operadores e a eficiência das máquinas, criando um conceito de pertencimento. Como principal essência, para que haja a Manutenção Autônoma, é necessária a participação de todos, porém, é fundamental o envolvimento do alto escalão até dos funcionários do chão de fábrica (CAS *et al.*, 2015; COSTA *et al.*, 2015; GERONIMO; LEITE; OLIVEIRA, 2017; SILVA, N. R. G., 2016).

Com o objetivo de antever as falhas, através das medições e controle, o foco da manutenção preditiva é basear-se na condição e não mais no tempo de operação do equipamento. Assim, a aplicação sistêmica permite um direcionamento focado em resultados, controlado através de planos de manutenção e KPI (ALMEIDA, 2016; BERGAMASCHI; THOMAZ; SCHMIDT, 2018; GORAYEB NETO; RODRIGUES 2017; MARTINEZ, 2016; MARTINS; MELO, 2016; SILVA, C. E., 2016; SILVA, N. R. G., 2016; 2017).

2.4 A MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM) SISTÊMICA.

Com a participação geral da empresa, a TPM pode aperfeiçoar o rendimento global das instalações por meio de uma organização fundamentada no respeito à criatividade humana. Assim, os operadores cada vez mais se envolvem no processo, abrindo um leque de intervenções que podem antecipar as falhas (DETRREGIACHI FILHO *et al.*, 2017; SILVA, C. E., 2016; ROYER; ROSA; SANTOS, 2016). A estrutura da TPM se apoia em oito pilares, cada qual com seus próprios objetivos, trabalhando de forma sistêmica. São eles: Manutenção autônoma; Manutenção Planejada; Educação e treinamento; Melhoria Específica; Controle inicial; Manutenção da Qualidade; Segurança, higiene, meio ambiente e Áreas Administrativas. Também é necessário nomear um líder para cada pilar, sendo estes responsáveis pela implantação (BERGAMASCHI; THOMAZ; SCHMIDT, 2018; DETREGIACHI FILHO *et al.*, 2017; NUNES; SELLITTO, 2016; QUEIROZ, 2016; ZATTA *et al.*, 2017).

A responsabilidade do pilar de Manutenção Autônoma é de autogerenciamento e controle do equipamento. São atividades para garantir a condição de base dos equipamentos e desenvolvimento dos operadores. De forma sistêmica a sua implantação passa por sete passos.

O primeiro passo é a limpeza, inspeção, criação de plano provisório de manutenção, restauração, levantamento das áreas de difícil acesso e fontes de sujeira (ALMEIDA, 2016; DETREGIACHI FILHO *et al.*, 2017; NUNES; SELMITTO, 2016; SANTOS, 2018). O segundo passo é facilitar a limpeza do equipamento e revisão do plano provisório de manutenção, eliminando as fontes de sujeiras que poderiam causar perda no desempenho ou quebra. O terceiro passo é a padronização das atividades. Seu objetivo é controlar as ações que impeçam que o equipamento se deteriore com o passar do tempo, criando assim, um plano de manutenção, que é o resultado dos planos provisórios de manutenção do primeiro e segundo passos, através do calendário de limpeza, inspeção, lubrificação e reaperto. É nessa etapa que se inicia a coleta do OEE, medindo a desempenho, qualidade e disponibilidade do equipamento. O OEE representa a taxa global do equipamento, o que posteriormente possibilita que se estratifiquem as perdas em Material, Máquina, Método e Mão de obra (4Ms), possibilitando atacar as causas primárias (DETREGIACHI FILHO *et al.*, 2017; NEGRÃO *et al.*, 2016; SANTOS, 2018).

Visto como um dos indicadores chave para o sucesso da organização, o OEE tem como base o produto dos índices referentes a Disponibilidade, Desempenho e Qualidade. Um OEE de 85% deve ser objetivo de meta ideal para os equipamentos. Para obter esse valor é necessário que seus índices sejam de: 90% de disponibilidade, 95% de desempenho e 99% de qualidade, conforme a fórmula abaixo (ALMEIDA, 2016; DORNELLES; SELMITTO, 2015; FLAMIA *et al.*, 2017; QUEIROZ, 2016; SILVA *et al.*, 2016; SILVA, N. R. G. 2016).

$$OEE = d1 \times p2 \times q3$$

Sendo que:

- **d1 - Índice de Disponibilidade:** Quantidade de tempo em que a máquina esteve disponível para operação, comparado com a quantidade planejada, representada pela equação $d1 = (TPP - TPNP) / TPP$. Onde: d1=Índice de disponibilidade, TPP=Tempo de produção planejado, TPNP=Tempo de paradas não planejadas.
- **p2 - Índice de Desempenho operacional:** Relacionado à quantidade na qual o equipamento opera em relação ao tempo de ciclo ideal para produção de uma peça; considera perdas de ritmo ocorridas por problemas diversos. Onde: p2=Índice de desempenho, TCU=Tempo de ciclo por unidade, QPP=Quantidade de produtos processados, TP=Tempo em produção, obtida através da equação: $p2 = (TCU - QPP) / TP$.

- **q3 - Índice de qualidade:** Total de produtos produzidos em conformidade, em comparação com o número total de peças fabricadas. Onde: $q3 = \frac{QPP - QPR}{QPP}$ = Índice de qualidade, QPP=Quantidade de produtos processados, QPR=Quantidade de produtos de refugo, obtida através da equação: $q3 = (QPP - QPR) / QPP$.

Um OEE abaixo de 65% é considerado inaceitável, devendo ser tomadas ações imediatas. Entre 65% e 75%, considerado bom ou adequado, com necessidade de melhoria, e de 75% a 85%: muito bom, o que demonstra capacidade de atingir o nível mundial. Essas métricas permitem avaliar a eficiência da empresa, estimando a produtividade com base nas perdas que ocorrem no processo. O principal objetivo então, é minimizar ou reduzir as causas de ineficiência do processo de fabricação ou operação, fornecendo assim, uma imagem global de onde o tempo produtivo e os recursos estão sendo perdidos. Tornam-se então, ferramentas importantes de apoio à decisão para melhoria contínua dos processos (SILVA, B. M. S. R. *et al.*, 2016).

O quarto passo da Manutenção Autônoma acontece após a estratificação dos 4Ms. É nessa fase do processo em que se separam as perdas causadas pela máquina, estruturando um plano de ação com auxílio de ferramentas avançadas, como: 7 Passos da microparada; Major Kaizen (QM); Troca de Ferramenta (*Smeed*); e Ciclo Planejar, Executar, Verificar e Padronizar (*Plan, Do, Check and Act* – PDCA) (ALMEIDA, 2016; ALMEIDA, 2017; DORNELLES; SELLITTO, 2015; GERONIMO; LEITE; OLIVEIRA, 2017; MARTINS; MARTINS; FERREIRA, 2016; MEDEIROS *et al.*, 2016; QUEIROZ, 2016). O quinto passo se inicia com tratativas para eliminar as perdas residuais do 4M, intitulada como Inspeção Total. No sexto passo acontece uma revisão geral em todos os métodos até ali estabelecidos, como também a melhoria do *layout* do local e das rotas de manutenção. Finalizando essas etapas, inicia-se o sétimo passo, que vem a efetivar o controle autônomo.

O pilar de Manutenção Planejada da TPM consiste em ter controle total da manutenção, desenvolvendo a conscientização sobre a produção e manutenção. No pilar de Educação e Treinamento o objetivo é ampliar a capacitação técnica, gerencial e comportamental (ALMEIDA, 2016; ALVAREZ; DINIZ; CASTRO, 2016; DORNELLES; SELLITTO, 2015; GERONIMO; LEITE; OLIVEIRA, 2017; SANTOS, 2018).

A Manutenção da Qualidade é o pilar que consiste na busca por zero defeito, criando assim, programas que possibilitem tal objetivo. O pilar de Segurança tem como objetivo atender as exigências e necessidades dos operários através do melhoramento contínuo do processo

(ALMEIDA, 2016; CAPATO; RODRIGUES, 2017; DETREGIACHI FILHO *et al.*, 2017; LIMA; GALDAMEZ, 2017; QUEIROZ, 2016; SANTOS, 2018).

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa se deu através de um estudo de caso, longitudinal, com natureza descritivo-exploratória e abordagem quantitativa, com o objetivo de ampliar a observação aos detalhes que surgiram no decorrer da pesquisa (MARCONI; LAKATOS, 2010), acerca dos benefícios da implantação da Manutenção Produtiva Total (TPM) em uma montadora de veículos comerciais instalada em Sete Lagoas-MG. A primeira etapa do presente trabalho consistiu em uma pesquisa bibliográfica com o intuito de construir o referencial teórico, possibilitando a discussão dos resultados desta pesquisa, corroborando com autores da área (VERGARA, 2007).

A segunda etapa foi realizada no primeiro semestre de 2019, em uma máquina de aplicação de Poli cloreto de Vinil (PVC) na estação 14 e 15 do processo de pintura em uma montadora de veículos de Sete Lagoas-MG. Para viabilizar a coleta de dados foi necessária a implantação dos passos 1, 2, 3 e 4 da TPM. O passo 1 refere-se a limpeza inicial, restauração da condição de base, levantamento das áreas de difícil acesso, levantamento das fontes de sujeira e abertura de ordens de serviço. O passo 2 corresponde à eliminação das áreas de difícil acesso e fechamento das ordens de serviço. O passo 3 equivale à padronização, criação do plano de manutenção autônoma e a coleta de dados da OEE. O passo 4 trata da inspeção geral na máquina.

Os dados do OEE foram coletados de janeiro a abril de 2019, utilizando como instrumento o formulário de Indicador de Eficiência Global de Equipamentos Produtivos (OEE), adaptado para facilitar a tabulação dos dados pelo operador, e compilação em planilha do programa Excel® 2016 da empresa Microsoft®. A partir dos dados coletados foram gerados gráficos acerca da Eficiência Global mensal do equipamento, que permitiram uma análise das perdas produtivas por disponibilidade, desempenho e qualidade. Dessa forma, possibilitou-se uma visão geral das perdas de processo, viabilizando a aplicação da ferramenta 4Ms, em especial o M Máquina, objetivo do presente trabalho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A escolha da máquina a ser trabalhada com a manutenção autônoma, através da análise chamada PQCDSM (Produtividade, Qualidade, Custo, Entrega, Segurança e Moral), foi a cabine de aplicação de PVC localizada no setor de pintura, similarmente à de Fernandes (2016), que também aplicou a ferramenta em seu estudo de caso sobre a análise de eficiência operacional e custos de produção em uma planta industrial frigorífica. Essa análise permite criar uma lista na sequência em que as máquinas devem ser trabalhadas, através de seu impacto no processo produtivo, seguindo os seguintes critérios: produtividade; qualidade; custo de manutenção; distribuição e entrega; segurança e meio ambiente. Sua classificação obteve 211 pontos sendo classificada como uma das primeiras máquinas a serem trabalhadas.

Em seguida, com o apoio da liderança, foi realizado o treinamento inicial do operador da máquina, criando uma relação de pertencimento. Foi abordada a história da manutenção, os tipos de manutenção e seus impactos, a importância da segurança nas atividades realizadas (abertura de Análise Preliminar de Risco – APR), como identificar áreas de difícil acesso, as fontes de sujeira, a importância da limpeza do equipamento e a abertura de cartão de ordem de serviço com a classificação A, B, C.

Após a escolha da máquina e treinamento do operador, conforme passo 1, foi realizada a limpeza inicial, restauração de condição de base e inspeção do equipamento, gerando 24 ordens de serviço, das quais 13 foram executadas (GRÁFICO 1). Foi instituído um plano padrão provisório de limpeza, inspeção, lubrificação e reaperto com as atividades, tempo, frequência e responsável, totalizando 352 minutos (GRÁFICO 2).

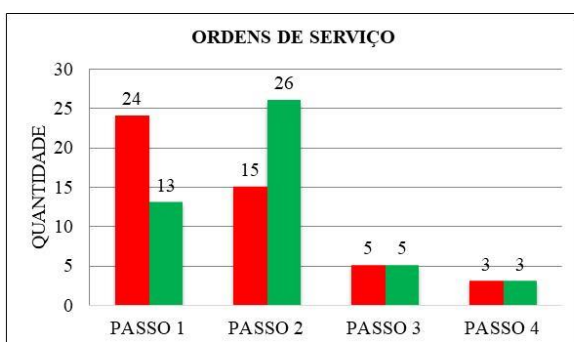


Gráfico 1: Ordens de serviço.

Fonte: Autores da pesquisa, 2019.

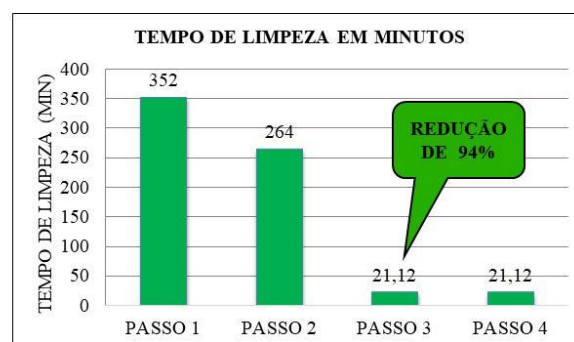


Gráfico 2: Tempo de limpeza em minutos

Fonte: Autores da pesquisa, 2019.

Em seguida foram identificadas 19 fontes de sujeira (GRÁFICO 3) e 10 áreas de difícil acesso (GRÁFICO 4). Não houve quebra de equipamento (GRÁFICO 5), e foi criada uma OPL (*One Point Lesson*) de segurança para seu bloqueio (GRÁFICO 6) e um plano de ação para resolução das anomalias levantadas. O resultado da aplicação do passo 1 foi similar ao de Santos (2018), que trabalhou a manutenção autônoma em uma retífica e oficina mecânica em Petrolina – PE, ressaltando a importância da restauração de condição de base com inspeções e plano de ação.

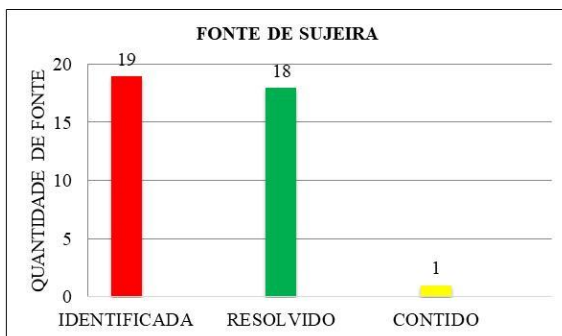


Gráfico 3: Fonte de sujeira.
Fonte: Autores da pesquisa, 2019.

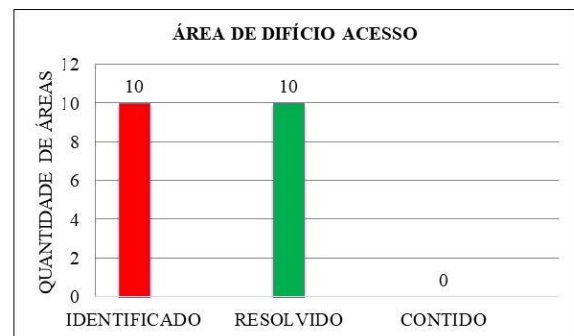


Gráfico 4: Área de difícil acesso.
Fonte: Autores da pesquisa, 2019.



Gráfico 5: Quebras de Manutenção Autônoma
Fonte: Autores da pesquisa, 2019.

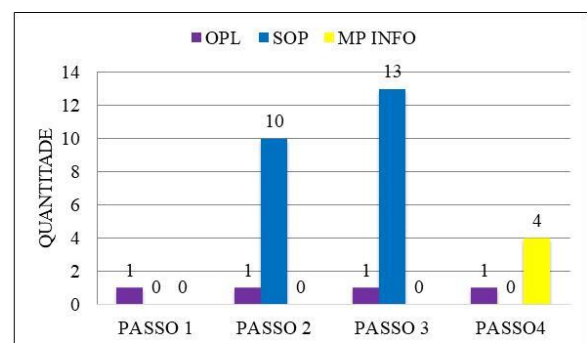


Gráfico 6: OPL / SOP / MP – Info.
Fonte: Autores da pesquisa, 2019

O passo 2 tem como objetivo a eliminação de área de difícil acesso e fonte de sujeira. Através da participação do time de manutenção autônoma, foram eliminadas 18 das 19 fontes de contaminação, através de Kaizen, e instalação de contenção para o acúmulo de PVC no equipamento (GRÁFICO 3). Ocorreu também a eliminação das 10 áreas de difícil acesso (GRÁFICO 4), foram geradas mais 15 ordens de serviço e o encerradas 26 ordens de serviço (GRÁFICO 1). Foi criada 1 OPL e 10 SOP (*Standard Operational Procedure*) (GRAFICO 6), o tempo de plano de padrão provisório diminuiu para 264 minutos através das melhorias realizadas (GRÁFICO 2), seguida da certificação do passo 2.

O método também foi utilizado por Gerônimo, Leite e Oliveira (2017), em um estudo de caso sobre a gestão da manutenção em equipamentos hospitalares em São Paulo, que relataram a importância do uso de Kaizen e ordens de serviço para ter um histórico da vida do equipamento. Silva, C. E. (2016), em um estudo de caso em uma indústria metalúrgica no Paraná, também corrobora com o método descrito e relata a importância da padronização das atividades e utilização das ordens de serviço para controlar e auditar a manutenção do equipamento, que reforça a importância do uso de SOP, além de descrever o passo a passo da atividade a ser realizada. Martins e Melo (2016), em um estudo de caso na indústria de embalagem no Brasil, obtiveram resultados similares com a utilização de Kaizen para registro das soluções de melhorias levantadas no passo 1. Redução de tempo nas atividades através da eliminação ou contenção de áreas de difícil acesso e fonte de sujeira são fatores descritos como causas primárias para a ocorrência de falha ou perda de desempenho do equipamento.

No passo 3, para criação de padrões e controle, foi fundamental o treinamento operacional com o método ECRS, ferramenta utilizada para: Eliminar controles desnecessários; Combinar inspeções em um ponto de fácil acesso; Reduzir a frequência de atividades que demonstram segurança e; Simplificar as atividades do plano de manutenção na área. Em seguida foi feito um calendário de manutenção autônoma chamado CILR, através dos planos de padrão provisório dos passos 1 e 2, e as atividades levantadas no passo 3.

As aplicações de ECRS foram muito satisfatórias através do uso de Kaizen, cujas melhorias como: *range* de trabalho para os manômetros; lacres com marcador industrial para os parafusos, que eliminaram o reaperto; rotas de manutenção com cores diferentes e por frequência que facilitaram a execução; criação de SOP para as atividades da CILR com a marcação dos pontos a serem executadas; adesivos com identificação do componente para a ação a ser realizada como inspeção, lubrificação, reaperto e limpeza também foram adicionados à máquina.

Ainda nessa etapa foi realizada a implantação do indicador de classe mundial OEE e a classificação de suas perdas na ferramenta 4M. O OEE da máquina no passo 3 finalizou com 76,7%. A classificação no 4M foram as seguintes: 9,3% em perda de disponibilidade, 4,5% em perda de qualidade e 9,5% em perda de desempenho, sendo 5,43% de Método e 4,07% de Material, conforme Gráfico 7. Os indicadores do passo foram: abertura e encerramento de 5 ordens de serviço (GRÁFICO 1), criação de 13 SOP e 1 OPL (GRÁFICO 6), zero quebras de manutenção autônoma (GRÁFICO 5), e redução de tempo de CILR em 94% em relação ao passo 1, gerando um plano de manutenção autônoma de 21 minutos por dia com a máquina em

funcionamento (GRÁFICO 2). Através das melhorias obteve-se 14,73 vezes benefício sobre o custo (GRÁFICO 8), encerrando, portanto, o passo 3 com a certificação.

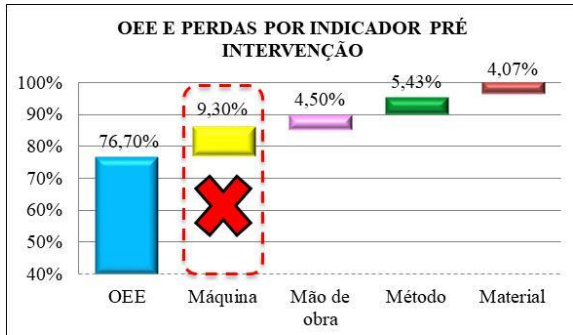


Gráfico 7: Indicador OEE pré intervenção.
Fonte: Autores da pesquisa, 2019.

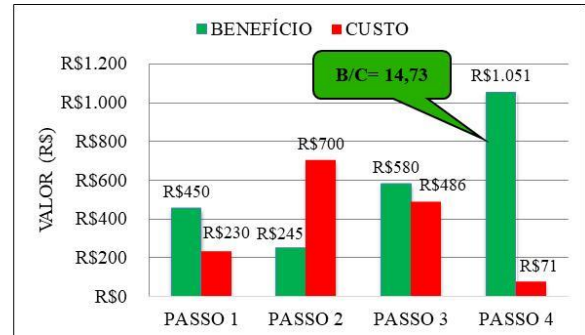


Gráfico 8: Benefício sobre o custo.
Fonte: Autores da pesquisa (2019).

Essa metodologia também foi aplicada por Santos (2018) em seu estudo de caso, conseguindo informações suficientes para aprofundar em seu estudo de disponibilidade, desempenho e qualidade gerados pelas máquinas, encontrando um OEE baixo com 57%, cujas perdas foram: troca de ferramental e manutenção corretiva.

Corroborando com o passo 3, Gorayeb Neto e Rodrigues (2017) discutiram sobre a importância do treinamento focado e específico do mantenedor do equipamento, bem como a importância de tornar possível a inspeção e lubrificação dos equipamentos em funcionamento, que reforçam a relação de simplificar e combinar da ferramenta ECRS. Os autores conseguiram resultados positivos através do documento chamado *checklist*, que quando realizado ao início do turno, consegue agir no equipamento, programando manutenções.

No passo 4 que trata a inspeção geral na máquina, o objetivo é eliminar as perdas do M (Máquina) que impactam diretamente na disponibilidade do equipamento. Nesse caso foi levantada uma perda de 9,3% de microparas do equipamento. De acordo com a metodologia WCM, a ferramenta para tratar falhas em equipamentos por microparas são os 7 Passos da Microparada. Assim, foi realizado: planejamento inicial; coleta de dados sobre as microparas; definição dos valores; estudo e inspeção dos processos *target*; análise dos resultados; análise das causas; implementação das melhorias; monitoramento e *follow-up*.

Como resultado, foi verificado que a falha no equipamento ocorre em média a cada 18 minutos, com um total de 20 microparas por dia. Considerando 22 dias trabalhados, totalizam-se mensalmente 440 falhas, com tempo de intervenção de 2,5 minutos por falha. Em relação à perda anual, os valores foram obtidos através do seguinte cálculo: 440 falhas por mês

x 12 meses x tempo da intervenção (2,5 minutos por falha) x custo de transformação (R\$35,24/h), trazendo um resultado financeiro de R\$7.752,80 por ano.

Através da ferramenta 5W1H, o problema foi reformulado da seguinte forma: microparada na operação de aplicação de PVC no setor de pintura devido à vibração do equipamento e mau funcionamento do sensor de fim de curso, em virtude do empeno na parte anterior do *skid*. Também foi levantado o custo de desempenho por *skid*, se tornando inviável por se tratar de R\$3.200,00 por peça, com total de sete peças, totalizando um custo de R\$22.400,00.

O próximo passo foi analisar soluções mais viáveis com baixo custo. Foi constatado que a mudança de posição do sensor de leitura dos *skids* para lateral garantiria seu funcionamento, sem a necessidade de desempenho e falha por vibração da máquina. Tal alteração gerou um custo no valor de R\$240,00. O passo 4 foi concluído com zero quebras de manutenção autônoma (GRÁFICO 5), abertura e encerramento de 3 ordens de serviço (GRÁFICO 1), criação de 1 OPL, 4 MP-INFO (GRÁFICO 6). Com isso, gerou-se um benefício sobre o custo de 93,3 vezes, além de um incremento de 9,3% no indicador OEE, fechando com 86%, que demonstra uma evolução considerável na produtividade do equipamento (GRÁFICO 7 e 9). Dessa forma, foi realizada a certificação do passo 4.

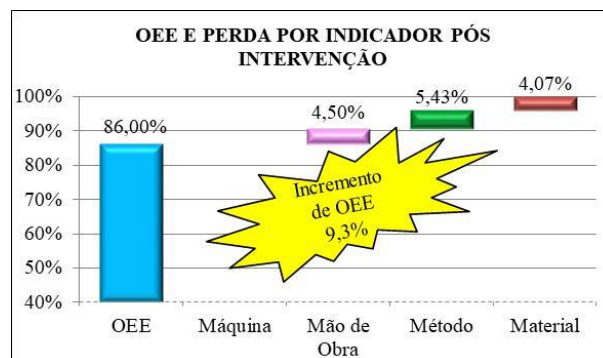


Gráfico 9: Indicador OEE pós intervenção.

Fonte: Autores da pesquisa, 2019.

Medeiros *et al.* (2016), em seu estudo de caso Recursos Estratégicos para a Produção Enxuta na Paraíba, corroboram com a metodologia aplicada de forma sistêmica, demonstrando a importância das ferramentas utilizadas para atacar as perdas levantadas no OEE. Silva, N. R. G. (2016), em “Implantação do Modelo TPM – Quebra zero em uma máquina produtora de fitas adesivas em uma indústria química no interior de São Paulo”, no qual aplicou: ficha de instrução de trabalho; padronização na execução das atividades de manutenção; metodologia Kaizen; geração de LUP; abertura de ordens de serviço; gestão das falhas e plano preventivo

de manutenção calendarizado; tratativas no OEE para as perdas, utilizando a ferramenta 4M. Os resultados foram similares ao estudo de caso aqui apresentado, com aumento da produtividade das máquinas e eficiência do processo produtivo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de metodologias sistêmicas demonstra excelentes resultados, uma vez que administrados com rigor e disciplina, tem uma relação direta com o nível de eficiência ao qual o equipamento consegue entregar. Para que essa eficiência seja satisfatória, é necessária a utilização racional dos recursos para atingir eficiência e competitividade. Das ferramentas com o objetivo da busca pela excelência nos processos, destacaram-se o uso do 4M, Kaizen, Ciclo PDCA, 7 passos da microparada, *brainstorming* e OEE, permitindo, assim, a gestão e controle das perdas do processo.

O intuito deste estudo foi apresentar os benefícios decorrentes da implantação da Manutenção Autônoma na TPM na máquina de aplicação de PVC na estação 14 e 15 do processo de pintura em uma montadora de veículos comerciais. Após a aplicação da pesquisa, obteve-se a confirmação da hipótese inicial em que a implantação da Manutenção Autônoma pode contribuir para o aumento da produtividade, qualidade, disponibilidade e o consequente aumento da eficiência do processo industrial. Portanto, os resultados apresentados e discutidos deixaram claro que a metodologia aplicada de forma sistêmica permite criar uma manufatura enxuta.

O trabalho limitou-se em avaliar os benefícios decorrentes da implantação da Manutenção Autônoma dos passos 1 ao 4 na máquina de aplicação de PVC. A pesquisa teve como implicação contribuir para o aumento da disponibilidade da máquina, eliminando a perda do M Máquina. Sugere-se que para futuros trabalhos se faça o avançamento para o passo 5, cujo objetivo é eliminar as perdas causadas por material, mão de obra e método. Recomenda-se, ainda, a aplicação do *Overall labor effectiveness* (OLE), indicador que demonstra a capacidade, não só das máquinas, mas do processo como um todo, para que se tenha a melhor relação entre a mão de obra e a máquina.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. A. C. R. **Análise e aperfeiçoamento do processo de manutenção em uma empresa de óleo e gás**: um estudo de caso. 2016. f.188. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Departamento de Engenharia de Produção. Universidade Federal Fluminense, Niterói/RJ. Acesso em: 15 mar. 2019. Disponível em: <<https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/2262/1/Projeto%20Final%20-%20Andr%C3%A9%20Alves%20do%20C%20R%20de%20Almeida.pdf>>. Acesso em: 6 set. 2018.
- ALMEIDA, G. M. **Gestão da qualidade aplicada ao processo de manutenção, reforma e retrofit de edificações**: estudo de caso em uma empresa holding de educação básica. 2017. f.106. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Acesso em: 16 mar. 2019. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10019450.pdf>>. Acesso em: 6 set. 2018.
- ALVAREZ, E. R.; DINIZ, C. N.; CASTRO, D. F. Manutenção produtiva total: estudo de caso de uma frota de viaturas do exército brasileiro na Amazônia e proposta de implantação do pilar manutenção autônoma objetivando aumentar a sua taxa de disponibilidade. **Veredas: Revista Eletrônica de Ciências**, v. 9, n. 1, 2016. Disponível em: <<http://veredas.favip.edu.br/ojs/index.php/veredas1/article/view/395>>. Acesso em: 18 ago.2018.
- BARBOSA, R. E.; GASPAROTTO, A. M. S. Desenvolvimento de um software para gerenciamento da manutenção de acordo com o método TPM. In: SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA DA FATEC, 3, Taquaritinga, 2015. **Anais...** v.3, n.1, 2015. Disponível em: <<http://simtec.fatectq.edu.br/index.php/simtec/article/view/222>>. Acesso em: 18 ago.2018.
- BERGAMASCHI, J. A. B.; THOMAZ, M. R.; SCHMIDT, I. Estudo de caso de utilização da manutenção autônoma em um frigorífico de Chapecó. **Anais Engenharia de Produção**, v. 2, n. 1, 2018. Acesso em: 16 mar. 2019. Disponível em: <<https://uceff.edu.br/anais/index.php/engprod/article/view/201>>. Acesso em: 6 set. 2018.
- CAPATTO, L.; RODRIGUES, A. L. Elaboração de um plano de manutenção direcionado para máquinas de usinagem do laboratório da instituição Senai – CTM. **Trabalhos de Conclusão de Curso do DEP**, Maringá, v. 13, n. 1, mar. 2018. Disponível em: <http://www.dep.uem.br/gdct/index.php/dep_tcc/article/view/305>. Acesso em: 18 ago.2018.
- CAS, F. *et al.* Implicações da redução de setup na produtividade da indústria farmacêutica. **Revista GEINTEC-Gestão, Inovação e Tecnologias**, São Cristóvão, v. 5, n. 1, p.1764-1779, jan./mar. 2015. Disponível em: <<http://www.revistageintec.net/index.php/revista/article/view/431>>. Acesso em: 25 ago.2018.

COSTA, R. S. *et al.* Desafios da administração estratégica para a implantação da TPM (Manutenção Produtiva Total) na indústria de embalagens de latas de alumínio para bebidas no Brasil. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**, v. 10, n. 3, p. 370-383, 2015. Disponível em: <<http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/view/V10N3A3>>. Acesso em: 25 ago.2018.

DETREGIACHI FILHO, E. D. *et al.* Otimização do desempenho da linha de produção mediante a implantação da Manutenção Produtiva Total. **Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção**, Curitiba, v. 5, n. 7, p. 03-18, 2017. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/relainep/article/view/49109>>. Acesso em: 29 ago.2018.

DORNELLES, J. V.; SELLITTO, M. A. Eficácia Global de Equipamentos (OEE) para diagnóstico e melhoria de produtividade na indústria de fundição. **Revista GEINTEC-Gestão, Inovação e Tecnologias**, São Cristóvão, v. 5, n. 3, p.2366- 2379, jul./set. 2015. Disponível em: <<http://www.revistageintec.net/index.php/revista/article/view/435>>. Acesso em: 29 ago.2018.

FERNANDES, R. H. **Análise de eficiência operacional e custos de produção**: um estudo de caso em uma planta industrial frigorífica de frangos. 2016. f.73. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, PR. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/10401/1/PG_CEEP_2015_1_16.pdf>. Acesso em: 29 ago.2018.

FLAMIA, M. P. *et al.* Utilização do overall line effectiveness: um estudo de caso em uma indústria vinícola. **Gepros: Gestão da Produção, Operações E Sistemas**, Bauru, v. 12, n. 4, out./dez. 2017. Disponível em: <<https://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/1741>>. Acesso em: 16 mar. 2019.

GARCIA, F. L.; NUNES, F. L. Proposta de implantação de manutenção preventiva em um centro de usinagem vertical: um estudo de caso. **Revista Tecnologia e Tendências**. Novo Hamburgo, v. 9, n. 2, jul./dez. 2014. Disponível em: <<https://periodicos.feevale.br/seer/index.php/revistatecnologiaetendencias/article/view/1342/2075>>. Acesso em: 29 ago.2018.

GERÔNIMO, M. S.; LEITE, B. C. C.; OLIVEIRA, R. D. Gestão da manutenção em equipamentos hospitalares: um estudo de caso. **Exacta**, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 167-183, 2017. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/810/81054651013.pdf>>. Acesso em: 16 mar. 2019.

GORAYEB NETO, M.; RODRIGUES, A. L. Preparação para implantação da TPM com foco na manutenção preventiva e autônoma para uma microcervejaria. **Trabalhos de Conclusão de Curso do DEP**, Maringá, 2017. Disponível em: <http://www.dep.uem.br/gdct/index.php/dep_tcc/article/view/389/335>. Acesso em: 16 mar. 2019.

LIMA, A. B.; GALDAMEZ, E. V.C. Aplicação da metodologia DMAIC para elaboração de um plano de manutenção em uma indústria moageira de trigo. **Trabalhos de Conclusão de Curso do DEP**, Maringá, mar. 2017. Disponível em: <http://www.dep.uem.br/gdct/index.php/dep_tcc/article/view/376>. Acesso em: 29 ago.2018.

MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARTINEZ, C. C. M. **Estudo para aplicação de práticas da MCC em uma panificadora de Santa Maria/RS**. 2016. f.33. Monografia (Graduação Em Engenharia de Produção) – Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/2605>>. Acesso em: 1 set. 2018.

MARTINS, G. H.; MARTINS, S. F.; FERREIRA, R.L. Projeto 14: um estudo de caso sobre a implementação do programa 5s no setor de manutenção. **Conhecimento Interativo**, São José dos Pinhais, PR, v. 10, n. 1, p. 84-101, jan./jun. 2016. Disponível em: <<http://app.fiepr.org.br/revistacientifica/index.php/conhecimentointerativo/article/view/185>>. Acesso em: 16 mar. 2019.

MARTINS, G. H.; MELO, M. Gestão antecipada e gestão de projeto: um estudo de caso na indústria de embalagens no Brasil. **Journal of Lean Systems**, v. 1, n. 3, p. 30-52, 2016. Disponível em: <<http://leansystem.ufsc.br/index.php/lean/article/view/1217>>. Acesso em: 16 mar. 2019.

MEDEIROS, N. C. *et al.* Recursos estratégicos para a produção enxuta: um estudo de caso no setor de manufatura eletrônica. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v. 16, n. 4, p. 1309-1328, out./dez. 2016. Disponível em: <<https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/2343>>. Acesso em: 16 mar. 2019.

MENEZES, G. S.; SANTOS, M, M, N.; CHAVES, G. L. D. O pilar manutenção planejada da Manutenção Produtiva Total (TPM): aplicação da manutenção centrada em confiabilidade (RCM). **Revista Gestão Industrial**, Curitiba, v. 11, n. 4, p. 01-35, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/3004/2477>>. Acesso em: 1 set. 2018.

NEGRÃO, L. L. L. *et al.* Avaliação da relação entre a importância e desempenho de práticas de lean manufacturing em um centro de distribuição. **Journal Of Lean Systems**, v. 1, n. 4, p. 87-111, 2016. Disponível em: <<http://nexus.ufsc.br/index.php/lean/article/view/1269>>. Acesso em: 1 set. 2018.

NUNES, I. L.; SELLITTO, M. A. Implantação de técnicas de manutenção autônoma em uma célula de manufatura de um fabricante de máquinas agrícolas. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v. 16, n. 2, p. 606-632, abr./jun. 2016. Disponível em: <<https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/2048>>. Acesso em: 6 set. 2018.

QUEIROZ, M. D. **Estudo de caso da implantação do pilar de controle da qualidade da metodologia WCM**. 2016. f.62. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) –

Departamento Acadêmico de Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba. Disponível em:

<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9319/1/CT_DAMEC_2016_1_52.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2019.

ROYER, R.; ROSA, A. F. P.; SANTOS, L. N. Mapa de fluxo de valor - estudo de caso em uma indústria metalúrgica. **Revista Gestão Industrial**, v. 12, n. 3, p. 216-235, 2016. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/4079>>. Acesso em: 16 mar. 2019.

SANTOS, P. V. S. Aplicação do indicador overall equipment effectiveness (oe): um estudo de caso numa retífica e oficina mecânica. **Brazilian Journal of Production Engineering**, São Mateus, v. 4, n. 3, p. 1-18, 2018. Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE/article/view/v4n3_1/pdf>. Acesso em: 16 mar. 2019.

SILVA, B. M. S. R. *et al.* Uso do indicador de eficácia global de equipamentos como ferramenta para melhoria contínua: estudo de caso aplicado à produção farmacêutica. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**, v. 11, n. 1, p. 49-60, 2016. Disponível em: <<http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/view/788>>. Acesso em: 16 mar. 2019.

SILVA, C. E. **Manutenção autônoma, um estudo de caso em uma indústria do setor de grãos**. 2016. f.67. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/7762/1/PG_DAENP_2016_2_10.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2019.

SILVA, N. R. G. **Implementação do modelo TPM - quebra zero em máquina produtora de fitas adesivas em uma indústria química no interior de São Paulo**. 2016. f.42. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/155269/000881359.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 16 mar. 2019.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 8 ed. São Paulo: Atlas, 2007.

ZATTA, F. N. *et al.* Análise de fatores críticos de sucesso para implantação da Total Productive Maintenance (TPM) em organizações industriais. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 3, n. 1, p. 35-47, 2017. Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE/article/view/v3n1_04/pdf>. Acesso em: 16 mar. 2019.